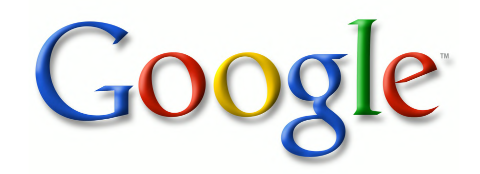
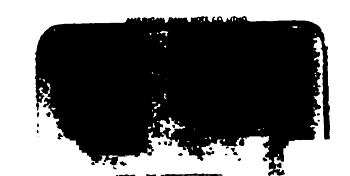






# Commissarischer Bericht

über die

# Erkrankungen durch Minengase

bei der

# Graudenzer Mineurübung

im August 1873.

Mit Genehmigung Sr. Excellenz des Herrn Kriegs-Ministers veröffentlicht.

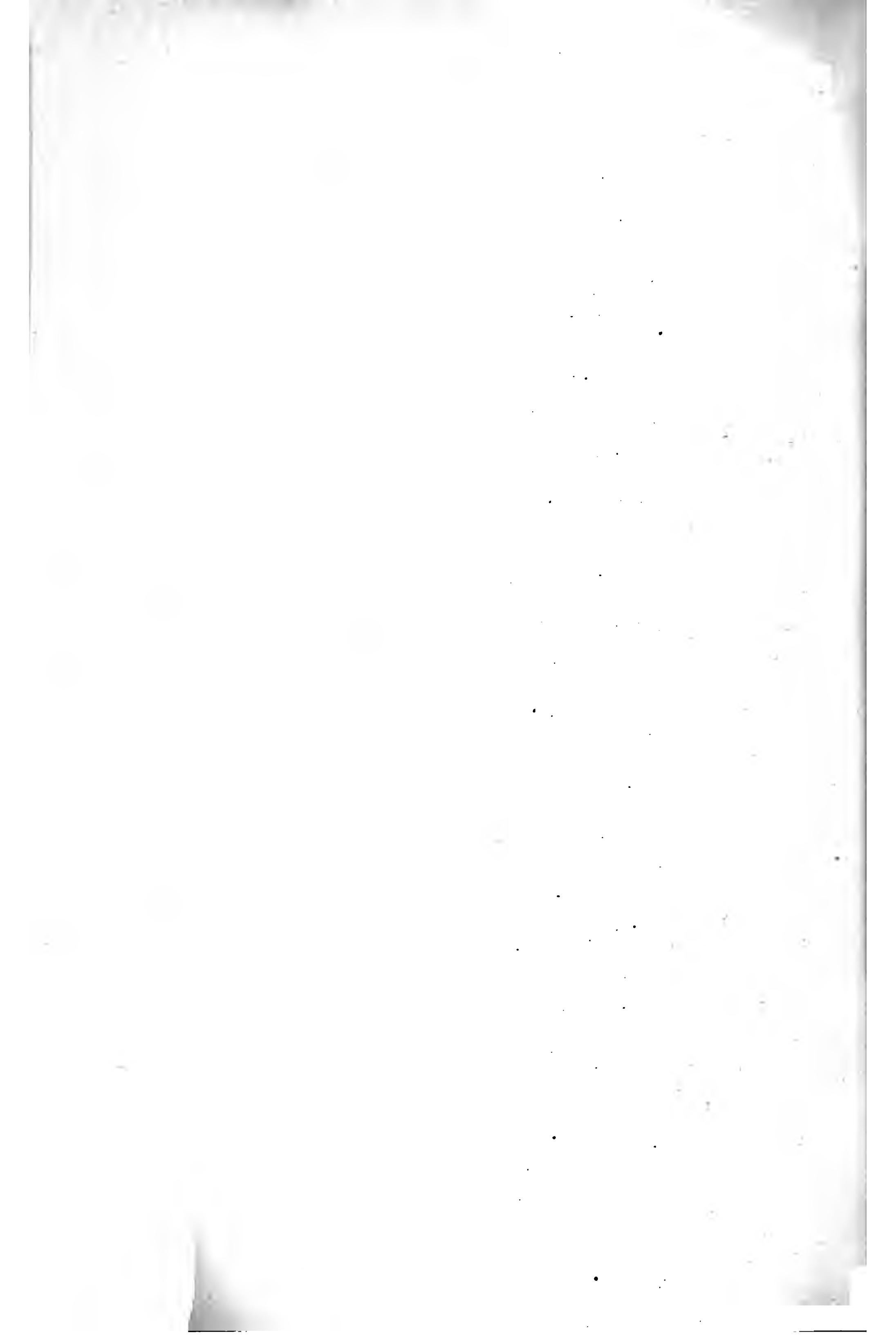
Mit zwei Plänen.

Berlin 1875.
Ernst Siegfried Mittler und Sohn
Königliche Hofbuchhandlung
Kochstrasse 69. 70.

Separatabdruck aus der Deutschen militairärztlichen Zeitschrift.

# Inhalts-Verzeichniss.

## Anlagen.



# Einleitung.

Durch Verfügung des Königlichen Kriegs-Ministeriums, Militair-Medicinal-Abtheilung, vom 23. Juli 1873 wurde eine Commission mit der Aufgabe betraut, bei Gelegenheit der vom 4. bis 23. August ej. a. bei Graudenz stattfindenden grösseren Mineur-Uebung Untersuchungen über die Minenkrankheit anzustellen.

Die Symptome der Minenkrankheit zu studiren, die Ursache und das Wesen der Krankheit zu ermitteln, die Therapie festzustellen und Mittel zur Verhütung der Krankheit anzugeben, waren die Gesichtspunkte, welche in der betreffenden Verfügung besonders hervorgehoben wurden.

Die Commission, welche aus dem Oberstabsarzt Dr. Thalwitzer als Vorsitzenden, Stabsarzt Dr. Schultze und Professor Dr. Finkener von der Berg-Akademie in Berlin, als Chemiker, bestand, trat am 4. August in Graudenz zusammen.

Da es im Verlauf des Minenkrieges erst am 8. August zum Zünden einer Mine kam, so war in den Tagen vorher hinreichend Gelegenheit gegeben, sich über verschiedene, mit der Minenkrankheit in Zusammenhang stehende Verhältnisse theils durch mündliche Besprechung mit den Officieren, theils durch eigene Anschauung und Untersuchung an Ort und Stelle zu orientiren; z. B. über Beschaffenheit und Bewegung der Luft in den Minen vor der Sprengung, über Einwirkung dieser Luft auf den Organismus, über die Art der Arbeit in den Minen selbst, über die Wirkung der in Anwendung gezogenen Ventilatoren etc.

Die Hauptthätigkeit der Commission fiel in die Zeit vom 8. bis 22. August, an welchem letzteren Tage der Minenkrieg seinen Abschluss fand.

Die beklagenswerthe Catastrophe, welche gleich bei der Sprengu
der ersten Quetschmine am 8. August den Verlust von 7 Menschenleb
nach sich zog und deren erschütternder Eindruck in der Erinneru
aller Betheiligten bleiben wird, war allen bisherigen Angaben nach e
sonst niemals vorgekommenes Ereigniss. Die gewöhnliche Ansicht v
der geringen Gefahr der sogenannten Minenkrankheit war dadurch b
richtigt und ein neuer Anstoss zur Auffindung von Mitteln gegeben, welc
die Erkrankung durch Minengase zu verhüten oder doch auf eine mö
lichst geringe Zahl und Intensität zu beschränken im Stande sind.

---

## 1. Literatur über Minenkrankheit.

Die krankhaften Erscheinungen, welche unter dem Namen der Minenkrankheit schon lange den Officieren und Mannschaften der Mineur-Compagnien bekannt sind, wurden ärztlicherseits erst in der letzten Zeit beschrieben und einer näheren Erörterung unterworfen. Die Literatur über Minenkrankheit ist desshalb sehr beschränkt.

Dr. E. Josephson veröffentlichte in der Preuss. militairärztl. Zeitung 1861 Nr. 1 einen Aufsatz über Minenkrankheit. Damals Assistenzarzt im Westphäl. Pion. Bat. Nr. 7, hatte er bei Schleifung der Festung Jülich Gelegenheit diese Krankheit zu beobachten. Er giebt an, dass er damals vergebens den Namen dieser Krankheit in den Handbüchern der Pathologie gesucht habe, dass er auch trotz vielfacher Nachfragen bei älteren Militair-Aerzten keine Auskunft über dieselbe erhalten konnte, dass die „Minenkrankheit“ aber unter den Ingenieur-Officieren bekannt und gefürchtet gewesen sei.

Indess ist bereits vor Josephson diese Krankheit als Minenkrankheit der Pioniere beschrieben und zwar in einer kurzen Mittheilung von Dr. Kanzler in Mainz in Caspers Wochenschr. 1841. Dr. Kanzler beobachtete diese Krankheit bei den Uebungen der 7. und 8. Pionier-Abtheilung im August 1840 bei Coblenz. Er sah mehr als 200 Minenkranke und beschreibt im Allgemeinen übereinstimmend mit den Josephsonschen Angaben die Symptome: Er unterscheidet 3 Grade, 1) starken Kopfschmerz, 2) Bewusstlosigkeit, 3) Bewusstlosigkeit mit klonischen Krämpfen und endlich noch eine eigenthümliche Form, wobei sich die Kranken wie Trunkene geberdeten.

Auch Dr. Kanzler giebt an, dass über diese Krankheit seines Wissens noch Nichts geschrieben sei. Doch hat auch er nicht die Priorität, denn schon 1836 beschreibt in der Medicin. Zeitung des Vereins für Heilkunde in Preussen Nr. 25 Garnisonstabsarzt Dr. Voigt in Erfurt unter dem Namen der Minenkrankheit sehr ausführlich die Erkrankungen, welche im Sommer 1835 bei der 4 wöchentlichen grossen Uebung der 5. Pionier-Abtheilung zu Erfurt vorkamen.

Von späteren Arbeiten über diese Krankheit sind besonders zu erwähnen Stabsarzt Dr. Rawitz. Zur Minenkrankheit. Preuss. Militairärztl. Zeitung 1862. Rawitz beobachtete im Sommer 1861 auf dem Pionier-Uebungsplatze in Glogau.

Dr. H. Eulenberg. Lehre von den schädlichen und giftigen Gasen. Braunschweig 1865. Vieweg, berücksichtigt die Minenkrankheit.

Stabsarzt Dr. Scheidemann. Die Minenkrankheit, ihre wahre

Ursache, Verhütung und Behandlung. Berlin 1866. Hirschwald. Scheidemann schöpfte seine Beobachtungen aus der 14 tägigen Belagerungsübung bei Graudenz im Jahre 1862.

Das letzte Werk über Minenkrankheit rührt her von Dr. Th. Poleck. Die chemische Natur der Minengase und ihre Beziehung zur Minenkrankheit. Berlin 1867, Mittler.

## 2. Allgemeines über den Minenkrieg.

Um die zur Erforschung des Wesens der Minenkrankheit erforderlichen Anhaltspuncte zu gewinnen, ist es durchaus erforderlich eine, wenn auch nur oberflächliche Kenntniss der Art und Weise zu besitzen, in welcher der sogenannte Minenkrieg geführt wird. Ohne diese Kenntniss würden viele später anzustellende Betrachtungen unverständlich bleiben.

Im Allgemeinen gehört der Minenkrieg zu den seltenen Vorkommnissen bei Belagerung von Festungen. Seit der Belagerung von Sewastopol, bei welcher durch Todleben der Minenkrieg zur besonderen Ausbildung gebracht wurde, ist es nicht wieder zu einem bedeutenden Minenkampfe gekommen.

Wenn der Angreifer sich der Festung durch seine verschiedenen Parallelen und die dieselben verbindenden zikzackförmigen Laufgräben bis zum Glacis, unter welchem das Minensystem der Festung verläuft, genähert hat, so kann er seinen Minenkrieg beginnen. Zu diesem Behufe legt er vor der letzten Parallele noch einen tiefen und breiten Graben, das sogenannte Minenlogement an. Von diesem aus dringt er nun unterirdisch gegen die Minengänge der Festung, das sogenannte Contreminensystem vor.

Der Angreifer wird in der Regel um das Niveau des Contreminensystems zu erreichen, seine unterirdischen Gänge oder Gallerien von der Sohle des Logements nach abwärts geneigt führen. Es wurden deren bei Graudenz acht angelegt, welche im Allgemeinen parallel zu einander gegen das Contreminensystem vordrangen. Diese Gänge wurden mit den aus je 4 Brettern zusammengefügten sogenannten holländischen Rahmen bekleidet, deren lichte Höhe 1,00 oder 1,15 und deren lichte Breite 0,60 oder 0,75 M. betrug. 4 holländische Rahmen bilden zusammen einen Gang von 1 Meter Länge.

An manchem Tage konnten bei Graudenz von Seiten des Angreifers nur 20 holländische Rahmen, also 5 Meter weit, vorgetrieben werden, weil der Boden stellenweis ausserordentlich fest war. Aus dem angeführten Grössenverhältniss der Rahmen geht hervor, dass man sich in denselben nur kriechend fortbewegen kann und dass ein Mann sich bei

dem anderen nur sehr schwierig vorbei zu drücken vermag. Die Länge dieser Gänge betrug bei den Graudenzer Uebungen höchstens 15 Meter (cf. Minenplan). Sie sind einfach und nicht verzweigt, so dass man von aussen den Mineur, welcher sich am Ende der Gallerie, der Tete derselben befindet, wenn er seine Lampe bei sich hat, gewöhnlich beobachten und ihn auch, wenn er erkranken sollte, mit Hülfe eines Seils oder durch einen anderen hineingeschickten Mineur herausziehen kann.

Eine wesentlich andere Beschaffenheit haben die Minengänge der Festung selbst, das Contreminensystem.

Die Gallerien gehen gewöhnlich strahlenförmig und horizontal von der Sohle des Hauptgrabens aus unter das Glacis.

Das Contreminensystem ist im Wesentlichen schon bei dem Bau der Festung mit angelegt, es wird beim Minenkrieg selbst nur in den äussersten, gegen den Feind gerichteten Verzweigungen weiter ausgebaut. Graudenz hat ein ausserordentlich entwickeltes Contreminensystem, nach mündlichen Angaben soll die gesammte Länge der die Festung umgebenden Gallerien 2 deutsche Meilen betragen. An der Stelle der Festung, gegen welche der Angriff erfolgte, wurden bei Graudenz 3 Hauptgallerien zur Vertheidigung benutzt, die auf dem beiliegenden Plan, als Gallerie I., II. und III. bezeichnet sind. Diese Hauptgallerien sind gemauerte, gewölbte, gerade Gänge, 1,60 Meter hoch, so dass ein Erwachsener, wenn er sich etwas bückt, darin gehen kann. Ihre Breite beträgt 1 Meter. Die Länge derselben war bei Graudenz sehr beträchtlich, so hat Gallerie II. eine Länge bis zur Tete von etwa 120 Meter.

Von diesen Hauptgallerien gehen wie Aeste eines Baumes, unter einem Winkel von 90° bis 45° Seitengallerien ab, die auf dem Plane mit Buchstaben bezeichnet sind. In diesen Seitengallerien kann man nur noch stark gebückt sich vorwärts bewegen. Beim Minenkrieg werden nun von der Spitze (Tete) dieser Hauptgallerien oder von den Seitengallerien aus gegen den Angreifer Gänge vorgetrieben, die sogenannten E c o u t e n, welche ebenfalls mit holländischen Rahmen bekleidet werden und überhaupt dieselbe Beschaffenheit haben als die Gallerie des Angreifers. So gleicht das System einer Gallerie des Contreminensystems in seiner vollkommenen Entwickelung einem vielfach verzweigten Baume, der alle seine Endzweige gegen den Feind vorstreckt. An dem Ende der Ecouten liegen Mineure als Posten, welche horchen und aus der Stärke, Qualität und dem Orte der unterirdischen Geräusche werden Schlüsse auf die Arbeiten des Angreifers gemacht.

Verschieden wie die Minensysteme des Angreifers und Vertheidigers

Ursache, Verhütung und Behandlung. Berlin 1866. Hirschwald. Scheidemann schöpfte seine Beobachtungen aus der 14 tägigen Belagerungsübung bei Graudenz im Jahre 1862.

Das letzte Werk über Minenkrankheit rührt her von Dr. Th. Poleck. Die chemische Natur der Minengase und ihre Beziehung zur Minenkrankheit. Berlin 1867, Mittler.

## 2. Allgemeines über den Minenkrieg.

Um die zur Erforschung des Wesens der Minenkrankheit erforderlichen Anhaltspuncte zu gewinnen, ist es durchaus erforderlich eine, wenn auch nur oberflächliche Kenntniss der Art und Weise zu besitzen, in welcher der sogenannte Minenkrieg geführt wird. Ohne diese Kenntniss würden viele später anzustellende Betrachtungen unverständlich bleiben.

Im Allgemeinen gehört der Minenkrieg zu den seltenen Vorkommnissen bei Belagerung von Festungen. Seit der Belagerung von Sewastopol, bei welcher durch Todleben der Minenkrieg zur besonderen Ausbildung gebracht wurde, ist es nicht wieder zu einem bedeutenden Minenkampfe gekommen.

Wenn der Angreifer sich der Festung durch seine verschiedenen Parallelen und die dieselben verbindenden zikzackförmigen Laufgräben bis zum Glacis, unter welchem das Minensystem der Festung verläuft, genähert hat, so kann er seinen Minenkrieg beginnen. Zu diesem Behufe legt er vor der letzten Parallele noch einen tiefen und breiten Graben, das sogenannte Minenlogement an. Von diesem aus dringt er nun unterirdisch gegen die Minengänge der Festung, das sogenannte Contreminensystem vor.

Der Angreifer wird in der Regel um das Niveau des Contreminensystems zu erreichen, seine unterirdischen Gänge oder Gallerien von der Sohle des Logements nach abwärts geneigt führen. Es wurden deren bei Graudenz acht angelegt, welche im Allgemeinen parallel zu einander gegen das Contreminensystem vordrangen. Diese Gänge wurden mit den aus je 4 Brettern zusammengefügten sogenannten holländischen Rahmen bekleidet, deren lichte Höhe 1,00 oder 1,15 und deren lichte Breite 0,60 oder 0,75 M. betrug. 4 holländische Rahmen bilden zusammen einen Gang von 1 Meter Länge.

An manchem Tage konnten bei Graudenz von Seiten des Angreifers nur 20 holländische Rahmen, also 5 Meter weit, vorgetrieben werden, weil der Boden stellenweis ausserordentlich fest war. Aus dem angeführten Grössenverhältniss der Rahmen geht hervor, dass man sich in denselben nur kriechend fortbewegen kann und dass ein Mann sich bei

dem anderen nur sehr schwierig vorbei zu drücken vermag. Die Länge dieser Gänge betrug bei den Graudenzer Uebungen höchstens 15 Meter (cf. Minenplan). Sie sind einfach und nicht verzweigt, so dass man von aussen den Mineur, welcher sich am Ende der Gallerie, der Tete derselben befindet, wenn er seine Lampe bei sich hat, gewöhnlich beobachten und ihn auch, wenn er erkranken sollte, mit Hülfe eines Seils oder durch einen anderen hineingeschickten Mineur herausziehen kann.

Eine wesentlich andere Beschaffenheit haben die Minengänge der Festung selbst, das Contreminensystem.

Die Gallerien gehen gewöhnlich strahlenförmig und horizontal von der Sohle des Hauptgrabens aus unter das Glacis.

Das Contreminensystem ist im Wesentlichen schon bei dem Bau der Festung mit angelegt, es wird beim Minenkrieg selbst nur in den äussersten, gegen den Feind gerichteten Verzweigungen weiter ausgebaut. Graudenz hat ein ausserordentlich entwickeltes Contreminensystem, nach mündlichen Angaben soll die gesammte Länge der die Festung umgebenden Gallerien 2 deutsche Meilen betragen. An der Stelle der Festung, gegen welche der Angriff erfolgte, wurden bei Graudenz 3 Hauptgallerien zur Vertheidigung benutzt, die auf dem beiliegenden Plan, als Gallerie I., II. und III. bezeichnet sind. Diese Hauptgallerien sind gemauerte, gewölbte, gerade Gänge, 1,60 Meter hoch, so dass ein Erwachsener, wenn er sich etwas bückt, darin gehen kann. Ihre Breite beträgt 1 Meter. Die Länge derselben war bei Graudenz sehr beträchtlich, so hat Gallerie II. eine Länge bis zur Tete von etwa 120 Meter.

Von diesen Hauptgallerien gehen wie Aeste eines Baumes, unter einem Winkel von 90° bis 45° Seitengallerien ab, die auf dem Plane mit Buchstaben bezeichnet sind. In diesen Seitengallerien kann man nur noch stark gebückt sich vorwärts bewegen. Beim Minenkrieg werden nun von der Spitze (Tete) dieser Hauptgallerien oder von den Seitengallerien aus gegen den Angreifer Gänge vorgetrieben, die sogenannten E c o u t e n, welche ebenfalls mit holländischen Rahmen bekleidet werden und überhaupt dieselbe Beschaffenheit haben als die Gallerie des Angreifers. So gleicht das System einer Gallerie des Contreminensystems in seiner vollkommenen Entwickelung einem vielfach verzweigten Baume, der alle seine Endzweige gegen den Feind vorstreckt. An dem Ende der Ecouten liegen Mineure als Posten, welche horchen und aus der Stärke, Qualität und dem Orte der unterirdischen Geräusche werden Schlüsse auf die Arbeiten des Angreifers gemacht.

Verschieden wie die Minensysteme des Angreifers und Vertheidigers

sind, so verschieden ist auch die Art und Weise der unterirdischen Kriegsführung beider. Der Angreifer hat 2 Ziele: 1) das Minensystem der Festung zu zerstören und 2) sich der Festung so viel als möglich zu nähern, um in nächster Nähe Puncte zu gewinnen, von denen aus er die Festung beschiessen oder zum Sturme vorgehen kann. Diess erreicht er dadurch, dass er nach der Erdoberfläche hin sogenannte Trichter aufwirft. Hat er sich dem Contreminensystem hinreichend genähert, so arbeitet er an der Tete seiner Gallerie eine Pulverkammer aus, bringt eine bedeutende Quantität Pulver hinein (3500 Kilo bei Trichter VI in Graudenz), legt eine Zündschnur und schliesst die Pulverkammer gegen die Gallerie ab durch das sogenannte Verdämmen, d. h. eine feste Verriegelung und Ausfüllung mit entsprechendem Material eines Theiles der Gallerie, um den Pulvergasen den Ausweg in die Gallerie zu versperren. Das Material zur Verdämmung besteht aus Holzscheiten, Lehmsteinen oder Luftziegeln, Rasen, gebrannten Ziegeln, Bruchsteinen, Erde und Erde in Säcken. Damit ein Trichter entsteht, muss der Angreifer seine Pulverladung, den Widerstand des Erdreichs und den Widerstand der Verdämmung so berechnen, dass der geringste Widerstand in der Linie von der Pulverkammer nach der Erdoberfläche liegt. Dann wird durch die Pulvergase das darüber gelegene Erdreich in Form einer oft colossalen Garbe emporgeworfen und es entstehen grosse, an der Erdoberfläche zu Tage liegende, mit der Spitze nach abwärts gekehrte, kegelförmige Vertiefungen, von meist beträchtlichen Dimensionen (Trichter VI bei Graudenz hatte einen Durchmesser von 27,50 und eine Tiefe von 7,30 Meter. Der Widerstand einer bestimmten Schicht des Verdämmungsmaterials ist aus Erfahrung bekannt. Der Widerstand einer Schicht des Erdreichs ist nach der Festigkeit des Erdreichs sehr verschieden. Anhaltspunkte giebt die Bestimmung des specifischen Gewichts des Erdreichs. Man unterscheidet nach dem Mineur-Reglement verschiedene Bodenklassen:

1) Sandige Erde, 2) Leichter Sand mit Letten, 3) Fester Sand mit Thon, 4) Erde mit Kies, 5) Sehr zäher Letten, 6) Fels oder Mauerwerk.

Bei Graudenz wechselt die Bodenart zwischen 1 und 5.

Das ganze Erdreich in der Umgebung des Trichters ist zerwühlt, die äussersten Enden des Contreminensystems der Festung sind verschüttet; der Boden ist mit Pulvergasen durchsetzt, welche bei guter Wirkung des Trichters auch das Contreminensystem anfüllen und das Arbeiten in demselben sehr erschweren. Der Rand des Trichters wird gekrönt, d. h. durch Erdanhäufung, Faschinen und Schanzkörbe erhöht und mit Schiessscharten versehen und gewährt derselbe einen Aufstellungsort, von dem aus die Festung beschossen werden kann; ausserdem können

von einem Trichter aus wiederum Gallerien gegen die Festung vorgetrieben werden.

Während der Angreifer sich bestrebt, nach oben mündende Trichter aufzuwerfen, ist der Vertheidiger seinerseits bemüht, durch sogenannte Quetschminen die Thätigkeit des Angreifers zu hindern. Die Quetschminen sollen nur unterirdisch wirken. Sie sollen die Gallerien des Angreifers zerdrücken. Durch eine Communication nach oben würde dem Angreifer in die Hände gearbeitet. Die Pulverladung muss desshalb beim Vertheidiger für einen Quetscher viel kleiner sein als bei dem Trichter des Angreifers. Sie betrug bei der Graudenzer Uebung beim Vertheidiger 12,5 bis 160 Kilogramm Pulver; beim Quetscher werden Pulverladung, Widerstand des Erdreichs und der Verdämmung in dem Verhältniss berechnet, dass die kürzeste Widerstandslinie in der Richtung von der Pulverkammer nach der Gallerie des Angreifers liegt. Die Wirkung der Pulverexplosion macht sich dann in dieser Richtung in der Weise bemerkbar, dass die Arbeiten des Angreifers zerstört und seine Mannschaften eventuell verschüttet werden.

So kämpft der Vertheidiger durch seine Quetscher gegen die Trichter des Angreifers oft in so erfolgreicher Weise, dass, wie es während einiger Zeit bei Graudenz geschah, fast sämmtliche Angriffsarbeiten durch gut angelegte Quetscher vernichtet wurden.

Der Scheinkrieg, wie er bei den grossen Friedensübungen geführt wird, sucht so viel als möglich den ernsten Krieg nachzuahmen. Die Pläne des Angreifers und Vertheidigers werden gegenseitig geheim gehalten, keine Partei weiss vorher von der Absicht der andern, Tag und Nacht wird ohne Unterbrechung unter der Erde gearbeitet. Will der den Angriff oder die Vertheidigung leitende Offizier eine Sprengung vornehmen, so meldet er sein Vorhaben dem höheren Vorgesetzten, welcher als Unparteiischer fungirt. Dieser giebt eventuell die Erlaubniss zum Füllen der Pulverkammer, und ist diese erfolgt, so wird der Gegner benachrichtigt, dass eine Sprengung erfolgen wird. Es werden Signale gegeben. Die Mannschaften werden beiderseits aus den Gallerien herausgeführt und ziehen sich auf die nöthige Entfernung von dem Minenterrain zurück. Auf das Signal „Feuer“ erfolgt die Explosion. Jetzt kehrt jede Partei wieder zu ihren Gallerien zurück, meist in grosser Erregung, das für sie günstige oder ungünstige Resultat der Explosion zu erfahren. Um die Wirkung der Explosion genau festzustellen, muss der Vertheidiger nun in seine Gallerien eindringen; er muss sehen, wie weit er sich selbst vielleicht durch seine eigenen Quetscher geschadet hat, oder inwieweit der vom Angreifer aufgeworfene Trichter seine

Gallerien vernichtet hat. Die Gallerien, in welchen der Quetscher
wirkt hat, enthalten mehr oder weniger Pulvergase; denn bei dem
geheuren Druck, unter welchem die Gase bei der Explosion des Pul
in der Kammer sich befinden, dringt immer ein Theil derselben du
das Verdämmungsmaterial in die Gallerien ein. Lagen nicht verdäm
Gallerien des Vertheidigers im Bereich des Trichters, so füllen
natürlich dieselben ebenfalls mit Pulvergasen. Will der Angreifer
Trichter aus neue Gallerien vortreiben, so arbeitet er in einem
Pulvergasen durchsetzten Erdreich. Unter diesen Umständen sind da
die Pioniere, welche weiter vorarbeiten, oder in den Teten der Galle
horchen, oder das Verdämmungsmaterial aufräumen, der Einwirkung
Pulvergase ausgesetzt. Und hierbei treten jene eigenthümlichen
krankungen auf, die man mit dem Namen der Minenkrankheit belegt
und deren Symptomatologie uns im Folgendem zuerst beschäftigen w

## 3. Symptomatologie der Minenkrankheit.

### a. Beschreibung der früheren Autoren.

Josephson unterscheidet 3 Formen der Krankheit.

I. Form. Mässige Narkose mit Gastricismen. Sehr heftiger, pl
licher, bohrender Stirnkopfschmerz, grosse Benommenheit, Klopfen
den Ohren, Injection der Conjunctiva, taumelnder Gang, völlige Ener
losigkeit; Temperatur und Sensibilität der Haut, sowie Herzthätigk
und Respiration unverändert. Meist Obstruction, stets Gasauftreib
des Unterleibes.

II. Form. Vollständige Narkose. Der Arbeiter kommt anschein
ganz wohl aus der Gallerie, plötzlich stürzt er nieder. Bewusstlosigk
Augen halb geschlossen, Conjunctiva injicirt. Aussetzen des Athm
Hautfarbe unverändert. Hauttemperatur nicht oder wenig vermind
Dabei grosser, voller, beschleunigter Puls. Nach $^1/_2$—1 Minute Beg
der Respiration, häufig heftiger Singultus und starke Brechbewegu
selten und spät wirkliches Erbrechen. Nach 10—15 Minuten Wiederk
des Bewusstseins, grosses Kältegefühl, Stirnschmerz.

III. Form. Narkose mit Krämpfen. Bewusstlosigkeit mit klonisc
und tonischen, zuweilen der Epilepsie ähnlichen Krämpfen, sterto
Respiration, Schaum vor dem Munde. Pupillen starr, Conjunctiva
jicirt. Die Intensität der Injection steht in geradem Verhältniss
Höhe des Krankheitsgrades. Puls voll, mässig frequent, unregelmäs
Herzstoss äusserst heftig. Heftiger Kopfschmerz bleibt oft lange zurü

Scheidemann bestätigt im Ganzen diese Symptome, nur erke
er Gasauftreibung des Unterleibes für die 1. Form nicht als char

teristisch an. Bei der 2. und 3. Form fand er in Uebereinstimmung mit Rawitz die Hauttemperatur nicht normal, sondern die Extremitäten zuweilen kalt und die Haut meist mit reichlichem kalten Schweiss bedeckt, auch war die Respiration in diesen Fällen sehr verlangsamt. Bei einigen Asphyctischen beobachtete er unwillkürliche Koth- und Urinentleerung.

b. Beobachtungen bei Graudenz 1873.

Zur Unterbringung der Minenkranken waren bei der Belagerungsübung bei Graudenz besondere Unterkunftsräume, sogenannte Minenlazarethe, hergestellt. Dieselben bestanden aus einem einfachen, im Hauptgraben resp. im Minenlogement gelegenen, länglich viereckigen Raum, dessen Wände durch dicke, senkrecht dem Boden eingefügte Pallisaden gebildet waren und dessen Decke durch Balken, Reisig und Aufschüttung von Erde bombenfest gemacht war. Da dieselben wegen des sonst fehlenden Schutzes gegen Granatsplitter etc. keine Fenster besassen, so war deren Luft nicht gerade von guter Beschaffenheit. In diesen Minenlazarethen wurden die Minenkranken einfach auf Stroh oder auf darin errichteten niedrigen Pritschen gelagert. Im Verlaufe der Uebung wurde es jedoch vorgezogen, die leichter Kranken im Freien, in frischer Luft zu lagern. Für schwerer Kranke war von dem in der Festung selbst gelegenen, etwa 10 Minuten vom Minenterrain entfernten Garnison-Lazareth, ein Krankenzimmer zur Disposition gestellt. Um bei der Beobachtung der Minenkranken einzelne Symptome nicht zu übersehen, wurden die folgenden Tabellen angelegt, die sofort an Ort und Stelle ausgefüllt wurden. Es sind in denselben sämmtliche Minenkranke aufgeführt, welche während der Dauer der Belagerungsübung der Commission zur Beobachtung resp. Kenntniss kamen.

Da der Minenkrieg Tag und Nacht währte, da oft gleichzeitig ausserhalb und innerhalb der Festung zahlreiche Erkrankungen vorkamen, so war es den beiden ärztlichen Mitgliedern der Commission schlechterdings unmöglich, alle Minenkranke selbst zu beobachten. Durch die Meldungen der wachthabenden Lazarethgehülfen und durch die Mittheilungen der militairischen Vorgesetzten gelang es jedoch, auch für die wenigen, nicht selbst beobachteten Fälle die wichtigsten Momente für die Symptomatologie zu ermitteln.

Nicht aufgeführt sind in den Tabellen die zahlreichen Erkrankungsfälle, welche gleich beim Beginn des Minenkrieges nach der Explosion der ersten Quetschmine Mittags am 8. August vorkamen.

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. Angr. — Verth. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circ… Resp… |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 10/8. 12 Uhr Nachts. | A. 5 Mann. | Nicht gesehen. Nach Bericht des Officiers. | Bei 1 Weinen ohne Grund, bei 2 und 3 Schreien, bei Allen Sensorium unfrei. | Taumeln bei Dreien. — Kopfschm. bei Allen. | — | — | |
| 12/8. | V. Pionier Sevin. | etwa 3 Uhr Nachm. | Verwirrt schwer besinnlich. | Zittern der d. Extremitäten, Gang taumelnd. — Stirnkopfschmerz. | Pupillen normal. | Gesichtsfarbe gewöhnlich. Temperatur 37,3° in Achselhöhle. Extremitäten kühl. | Puls klei… mäs… 20, mäs… |
| 12/8. | V. Pionier Eckel. | dito. | frei. | Gliederzittern, steht aufrecht. — Kopfschm. | — | — | Star… Her… Bes… nig… men… |
| 12/8. | V. Unteroff. Bauernfreund. | 3 Uhr 25 Minuten Nachm. | Nicht getrübt Müdigkeit. | Gang taumelnd. — Kopfschm. | — | — | Puls gel… |
| 12/8. | V. Unteroff. Singwald. | dito. | dito. | dito. | — | Gesicht anfänglich geröthet, später bleich. | Puls geh… |
| 12/8. | V. Sergeant Dietel. | 4 Uhr 30 Minuten Nachm. | dito. | dito. | — | — | Puls geh… |
| 13/8. | A. Pionier Hohendorf. | 10¾ Uhr Vormit. | — | — | — | — | |

| Digestion. — Urin und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| Erbrechen b. 3 Mann, bei 2 Mann Uebelkeit. | Die Erkrankungen kamen beim Ausheben von Rahmen in $1\frac{1}{2}$ Meter Entfernung vom Eingange der Gallerie 6 nach $\frac{1}{4}$ ständiger Arbeit in dem Erdreich vor, welches den Trichter I. umgab. Von 8 Arbeitern erkrankten 5. | 2 leichtere Fälle nach $\frac{3}{4}$ Stunden arbeitsfähig, die 3 schweren schliefen bis 5 Uhr, gingen dann nach Hause, waren am nächsten Tage nicht revierkrank. | Trichter No. 1 am 9/8. von Gallerie 6 gesprengt. Ladung 2000 Kil. Bodenclasse 1. |
| Stärkere Speichelabsonderung, Uebelkeit. | In Hauptgallerie III. der Vertheidigung nach $\frac{3}{4}$ ständiger Arbeit im Erdreich Kopfschmerz, Uebelkeit, Schwindel, musste hinausgeführt werden, wobei die Füsse nachschleppten. | Rasche Erholung. Therapie. Frische Luft. | Trichter No. 2 gesprengt am 11/8. von Gallerie 8 gegen Gallerie III. Ladung 2000 Kilog. Bodenklasse 1. Während der Erkrankung in Gallerie III. fortdauernde Ventilation. Luft am Ort des Erkrankens von süsslichem Geschmack. Ballon VI. um 4 Uhr 55 Minuten vor Ort |
| — | Kopfschmerz im Hinterkopf nach $\frac{1}{2}$ stündlicher Arbeit in Gallerie III., ausserdem starken Schweiss, Bewusstsein getrübt, wurde besinnungslos (Gesicht zur Erde) herausgezogen. Nach kurzer Zeit zum Bewusstsein. | rasche Erholung. | cf. Ballon VI. |
| — | Höchstens 5 Minuten in Gallerie III. $\frac{1}{2}$ Minute vor Ort. Stellte Käfig mit Taube vor Ort (mit Tornister). | bleibt dienstfähig. | cf. Ballon VI. |
| — | dito. | dito. | cf. Ballon VI. |
| — | Höchstens 5 Minuten in Gallerie III. $\frac{1}{2}$ Minute vor Ort. Holte Käfig mit Taube heraus (mit Tornister). | bleibt dienstfähig; noch einige Zeit apathisch, Gesicht blass. | cf. Ballon VI. |
| — | Ging gegen 10 Uhr in Gallerie 13 des Angreifers, die eine Länge von 11 Rahmen hat, um Rahmen einzusetzen. Blieb 10 Minuten vor Ort. Anfänglich wie betrunken, Kopfschmerz, kommt taumelnd heraus. Aus einer Höhle vor Ort hatten sich stark riechende Gase entleert. | bleibt wegen Kopfschmerz einige Stunden von der Arbeit zurück. | Gallerie 13 innerhalb des Trichters No. III., der am 12/8. mit 2000 Kilo Ladung in Bodenklasse I. gesprengt war. |

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circulation. — Respiration. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13/8. | A. Gefreiter Rost. | 11 Uhr Vorm. | — | — | — | — | — |
| 13/8. | A. Pionier Mansky. | $7^1/_2$ Uhr Nachm. | — | — | — | — | — |
| 13/8. | A. Pionier Schwikowsky. | — | Bewusstsein nicht vollständig verloren, nur getrübt. | Kopfschmerz | — | — | — |
| 13/8. | V. Sergeant Hagner. | 3 Uhr 30 Minuten Nachm. | Benommen apathisch, starrt vor sich hin, giebt auf Fragen nur langs. Antwort. | leichter Tremor der Hände, gr. Schwäche, kann nicht stehen, taumelt. — Kopfschm. | Myosis s. ausgesp. kein. Injection d. Conjunctiva. | Gesicht bl., starker Schweiss. Haut kühl. | Puls 124, mittlere Spannung. 32 flache Athemzüge. |
| 13/8. | A. Pionier Gedzicz. | 11 Uhr 45 Minuten Nachm. | Nicht völlig bewusstlos, kann seinen Namen noch nennen. | Krampf der Sternocleidomastoidei und Scalen. Leichte Zuckungen in d. Extremität. Contractur der Beugemuskeln der ob. Extremität. | geringe Inject. d. Bindehaut, Pupillen normal bewegl. | Gesicht bl. und kühl. | Pulsunregelmässig, wegen Contractur der Beugemuskeln nicht zählbar an A. radial. — 40 unregelmässig. Zuweilen Zwerchfell-Krampf. |
| 13/8. | V. Pionier Kluge. | 9 Uhr Vorm. | Benommen, hält den Kopf mit beid. Händen. Neigung zum Schlaf. | Zittert. Gang taumelnd. — Stirnschm. | Pupillen normal. | Gänsehaut. | Puls 92, klein regelmässig, geringe Spannung der radialis. Temperatur in Achselhöhle 37,3. |

| Digestion. — Urin und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| — | Hat in Gallerie 13 fünf Minuten gehorcht, dann an der Tete mit dem Sticheisen gearbeitet. Schwindel, Kopfschmerz. Kommt allein aus der Gallerie. | Nach $^1/_2$ Stunde wohl. | — |
| — | Hat in Gallerie 13 $^1/_4$ Stunde Erdarbeit gemacht, um Rahmen einzusetzen, wird schwindlig, kommt allein heraus. | Kurze Zeit etwas Kopfschmerz. | — |
| — | In Gallerie 13 um 8 Uhr 10 Minuten Abends hinein, setzt Rahmen ein, bald schwindlig, kommt heraus, fällt um, taumelt. | Erholt sich bald. | — |
| Keine Uebelkeit. | In Hauptgallerie III. an der Tete mit Verdämmen des Quetschers Nr. 4 beschäftigt, hat $^3/_4$ Stunden sehr stark gearbeitet. Plötzliches Erkranken. Wird bewusstlos herausgetragen. | 3 Uhr 45 Minuten Erholg. vollendet. 4 Uhr 50 Minuten wieder in der Gallerie zur Arbeit. Frische Luft. Kaffee mit Rum. | Sicherheitslampe brannte nicht mehr, es wurde im Dunkeln gearbeitet. Trichter No. II. am 11/8. gesprengt. |
| Würgen. | Hat in Gallerie 11 des Angreifers (Terrain des Trichters Nr. 2) seit 7 Uhr Morgens ununterbrochen verspreitzt. Um 11 Uhr Kopfschmerz und Schwindel, ging allein heraus, fiel aussen um. | 12 Uhr 15 Minuten schlafsüchtig, kann noch nicht stehen. | — |
| — | Ging 8 Uhr 25 Minuten Morgens vor Ort in Hauptgallerie III., arbeitete Pulverkammer aus (Terrain des Trichters Nr. II.) Nach $^1/_4$ Stunde strömten aus Riss im Erdreich unter Brausen Gase „ein Wind". Schwindel; redete einen Kameraden noch kurz an, taumelte einige Mal vor und rückwärts, fiel bewusstlos um. Der Hintermann suchte ihn aus dem Schurzholz herauszuziehen, wurde aber selbst unwohl und musste ihn liegen lassen. Zwei Andere trugen ihn heraus nach 5 Minuten, blieb 5 Minuten bewusstlos. | 10 Uhr 25 Minuten bis auf einigen Kopfschmerz und Mattigkeit hergestellt. Frische Luft. Kaffee mit Rum. | Um 9 Uhr wird Taube hineingeschickt. 9 Uhr 15 Minuten lebt noch, 10 Uhr 10 Minuten lebt noch, 11 Uhr 20 Min. todt. Blut hellroth. CO. nachweisbar. Ventilator in Thätigkeit. |

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circula — Respira |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 13/8. | V. Pionier Braune. | Nach Bericht. | — | — | — | — | — |
| 13/8. | V. Pionier Johne. | 9½ Uhr Vorm. | Völlig bewusstlos. | Trismus. Contractur der Beugemuskeln der oberen Extremitäten, der Scalen und Sternocleido-mastoidei, wechselnd mit Contractur der Nackenmuskeln, Augenmuskelkrämpfe. Augen nach oben gerichtet. Zuckungen der den Mund umgebenden Muskeln. Periodische Erschütterungen des Körpers. — Aufgehoben. | Augen geschloss. Pupillen unbeweglich, anfangs eng, spät. weit. Bindehaut geröthet. | Gesicht kühl. Cutis anserina. | Puls 12 regelm Temp. — 16—32 Minut unrege mässig weilen spirato Krämp |
| 13/8. | V. Unteroffizier (Sachse) Voigt. | 11 Uhr Nachm. | Wie betrunk. Lächeln. | Ganz taumelnd. | — | Gesicht auffallend geröthet, Gefässe der bulbi injicirt. Schweiss. | Puls 11 gelmäs — 28. |
| 13/8. | V. Pionier Voigt. | 11 Uhr Nachm. | Getrübt, giebt langsam Auskunft, klagt über Kopfschmerz. Schlafsüchtig. | Ist getragen. — Erhalten. | Pupille reagirt normal. Conjunctiva injicirt. klagt üb. Ohrens. | Gesicht geröthet, warm, schwitzt. Kühl und bleich. | Puls 12 gelmäs — 24 un mässig spirati tiefeAt züge v |

| Digestion. — Urin und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| — | Hauptgallerie III., horchte dort 4 Uhr Morgens $^1/_2$ Stunde. Auf das Signal „zurück" kam nur der mit ihm horchende Sergeant heraus. Nach 5 Minuten bewusstlos herausgetragen. Zittert. Kommt nach 5 Minuten zu sich. Schlief. | Ging $2^1/_2$ Stunde nach der Erkrankung noch mit Kopfschmerz behaftet mit der Schicht ab. | Ventilator in Thätigkeit. |
| — | Arbeitete in Gallerie III. $^1/_4$ Stunde vor Ort, fiel plötzlich bewusstlos um. Taube vor ihm lebte. Patient wurde $9^1/_2$ Uhr unmittelbar nach der Erkrankung herausgebracht. | Eröffnung des Mundes mit Keil. Anregung der Athmung durch Schlagen der Thoraxwände. Um 10 Uhr 10 Minuten tiefere Athemzüge, seufzend, fing an auf Hauptreize zu reagiren, schlug die Augen auf. Spannung der Muskeln, starker Kopfschm. Ging $12^1/_2$ Uhr Mittags von 2 M. geführt zum Quartiere. | Ventilator in Thätigkeit. |
| — | Hatte in Hauptgallerie III. gearbeitet, geladen, Luft gleich anfangs schlecht. Nach $^1/_4$ Stunde Kopfschmerz, Schwindel, Uebelkeit; lief schnell heraus. | Nach 10 Minuten noch betäubt. | Taube vor ihm, lebte noch als er die Gallerie verliess. Ventilator in Thätigkeit. |
| [K]eine Uebelkeit. | Aus Gallerie I. im Bereich des am $^{12}/_8$ gesprengten Trichters III., wo vor ihm ohne Nachtheil Morgens gearbeitet war. $6^1/_2$ Uhr Abends arbeitete er an den zerqueschten Rahmen. Nach etwa 5 Minuten empfand er zuerst Schwindel, Uebelkeit, konnte nicht Luft holen (Zwerchfellkrampf) | Frische Luft. Kaffee mit Rum. | cf. Ballon No. III. (gefüllt unter Verwendung des Athmungsapparates.) |

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circu[...] — Resp[...] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | seln flach[...] |
| 13/8. | V. Pionier Schuhmacher. | Nach Bericht. | Bewusstlos. | — | — | kühl u. bleich | Arter[...] Druc[...] ring. — Verla[...] samt. |
| 13/8. | V. Pionier Rathke. | 7 Uhr Abends. | Bewusstlos. | Zuckungen der oberen Extremitäten und verschiedener Rumpfmuskeln. — Erloschen. | Pupillen weit. | Kühl an Händen und Füssen. | Puls [...] gelm[...] — 40 [...] mäss[...] |
| 13/8. | A. Pionier Buntrock II. | 9 Uhr 10 Minuten Abends. | Benommen. | — | — | — | — |
| 13/8. | V. Pionier. | 10 Uhr 30 Minuten Abends. | Benommen, schlägt um sich, wirft sich herum. | — | — | — | — |
| 14/8. | V. 3 Mann. | Bericht. | — | Taumelig herausgebt., erholte sich sehr bal[...] Einer bleibt einige Stunden liegen. | | | |
| 14/8. | V. Pionier Kruse. | Bericht. | — | — | — | — | — |
| 14/8. | V. Unterofficier | $8^1/_2$ Uhr Morgens. | Etwas benommen | Leichte Zuckungen | Pupillen etwas er- | Temperatur normal | Puls [...] terie |

| …gestion. — …rin und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| | wurde bewusstlos. Wurde am Beine vom Hintermann herausgezogen, schlug mit den Armen um sich, biss die Zähne zusammen. | | |
| — | Ging 6 Uhr 15 Minuten Abends in Gallerie I. vor Ort, wurde 6 Uhr 35 Minuten bewusstlos aus Mitte der Gallerie herausgezogen. Den ersten Theil des Weges hat er allein zurückgelegt. Wurde durch Kopfschmerz, Ohrensausen, Erschlaffung zum Herausgehen veranlasst. | Kam nach 3 Minuten zum Bewusstsein, ist 10 Minuten nach 7 Uhr Abends m. Schicht weggeführt. Musste unterstützt werden, da er noch taumelte. | cf. Ballon No. III. |
| …gebewegen. | Ging $6^1/_2$ Uhr Abends in Gallerie vor Ort, horchte 5 Minuten an der Tete, empfand dann Flimmern vor den Augen. Blieb noch $^1/_4$ Stunde am Anfang des Schurzholzes. Aussen noch etwa 5 Minuten Schwindel, setzte sich gegen die Mauer, fiel um. | Nach wenigen Minuten kam er zu sich, schlug die Augen auf, hinterher noch Kopfschmerz. | cf. Ballon No. III. |
| — | Halbstündige Arbeit in Gallerie 13 des Angreifers, Terrain des am $^{18}/_8$ gesprengten Trichters III., aus einem Loch im Boden strömen stinkende Gase. Kopfschmerz, Schwindel, Erbrechen in der Gallerie, schleppt sich mit Unterstützung eines Anderen heraus. Aussen angekommen, duselig. | Nach $^3/_4$ Stunden bis auf Kopfschm. u. Schwindel hergestellt. | Der Ventilator war den ganzen Tag in Thätigkeit. Gallerie hatte 19 Rahmen = $4^3/_4$ Meter. |
| — | Ging um 10 Uhr 20 Minuten mit Lufttornister in die Tete der Hauptgallerie III., am Schurzholz ein zweiter Mann mit Apparat, dahinter ein Officier mit Seilen. Beide gebrauchen den Apparat nicht. Dem Ersten wird nach einigen Minuten schlecht, kommt aus Schurzholz, fällt in Gallerie mit dem Tornister um. | Nach etwa $^1/_4$ Stunde hergestellt. | — |
| — | In Hauptgallerie I. etwa $^1/_4$ Stunde mit Anbringen der Pulverkammer beschäftigt. | — | — |
| — | Hauptgallerie III. Wegnahme der Verdämmungshölzer, nach $^1/_4$ stündiger Arbeit, Kopfschmerz, kommt allein bis zum Eingang, stürzt bewusstlos zusammen, 5 Minuten bewusstlos, noch 5 Minuten lang stieren Blick. | — | Am 13/8. Quetscher No. 4, Tetenecoute Gallerie III. Ladung 150 Kilogr. Bodenklasse 4. |
| — | Hat in Hauptgallerie I. seit 7 Uhr | Um $8^3/_4$ Uhr aufge- | — |

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circula — Respirati |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Völkner. | | stierer Blick, schwankender Gang, stürzt nach 1/2 Min. um. | in den Muskeln des Mundes und Gesichtes (masseter temporal.) depressor angul. oris. | weitert, Thränen in den Augen, Gefässe der Conjunctiva injicirt. | Schweiss am ganzen Körper. | mittlere Spannu 10 Resp in der |
| 14/8. | A. Pionier Haase. | Bericht. | — | — | — | — | — |
| 14/8. | A. Pionier. | dito. | — | — | — | — | — |
| 14/8. | A. 8 Mann. | dito. | 1 bewusstlos und mit leichten Zuckungen. | Kopfschmerz bei Allen. | — | — | — |
| 14/8. | A. Pionier Thalkos. | 9 Uhr 20 Minuten früh. | Frei. | Schwäche. — Kopfschm., Frost und Hitze abwechselnd. | Conjunctiva bulbi injicirt. | — | Puls 84, klein, u gelmässi schwach. — 24. |
| 14/8. | A. Pionier Zipper. | 9 Uhr 30 Minuten früh. | Bewusstlos, wimmernd. | Arme ausgestreckt, krampfhaft. Zittern. | Pupille von mittlerer Weite. | — | Puls 120. — 24. |
| 14/8. | A. Pionier Scholz. | dito. | — | Grosse Schwäche. — Anfangs Ohrensausen. | Bindehaut injicirt. | — | Puls 88, gelmässi 24. |
| 14/8. | V. Unteroffiz. Neumann. | 10 Uhr früh. | In der Erholung. | — | — | — | — |
| 14/8. | V. Pionier Raffelt. | 11 Uhr 25 Minuten früh. | Bei Bewusstsein. Er stöhnt, seufzt paroxysmenweis unter grosser Herzensangst. 11 Uhr 50 Minuten ein schwächerer Anfall von Weinen und | Während der Anfälle griff er um sich, ballt die Fäuste, streckt die Beine, Muskelzuckungen in den Füssen. — 11 Uhr 30 Min. Kopf- | Augen ausser Anfall normal, starrt in demselb. vor sich hin, plötzlich schiessen Thränen vor und die Bin- | Anfangs blass, dann warm, Schweiss. | 11 Uhr 2 Puls 1 sehr w selnd, klein, g ringe Sp nung. T peratur 3 11 Uhr Min. P 116—120 Klagt in Anfällen |

| igestion. — rin und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| | gehorcht, in der Pulverkammer, um $8^1/_2$ Uhr heraus. | standen, nur etwas schwindlich noch. | |
| — | Hat in Angriffsgallerie 17 zehn Minuten Rahmen gesetzt $7^3/_4$ Uhr Morgens, kommt allein heraus. Schwindel. Taumel. | Schnelle Erholung. | — |
| — | dito. | dito. | — |
| brechen b. n Meisten. | Um 1 Uhr früh, hauptsächlich aus Gallerie 17, doch auch 13 und 14. | dito. | — |
| in Erbre- en. | Gallerie 17 $^1/_2$ Rahmen gesetzt während 5 Minuten, beim Herauskommen um 9 Uhr schwindlig, fiel um, kurze Zeit bewusstlos. | — | — |
| — | Hat 3 Minuten in Gallerie 16 gearbeitet | Um 10 Uhr Würgen, vermehrte Speichelabsonderung. Puls 104. Respiration 20. Schlafsüchtig. | Gallerie 16 liegt neben einer durch Quetschmine am 13/8. Mittags 12 Uhr zerstörten Gallerie. |
| rgen, ebelkeit. | Gallerie 16 Vorarbeit für Rahmen. Erkrankung nach $^1/_4$ Stunde. | — | — |
| — | Gallerie I., $9^1/_2$ Uhr hinein, hat Pulverkasten gestellt, fiel in der Gallerie um, schwindlig; kein Erbrechen. | 10 Uhr gebessert. | — |
| — | In Gallerie III. Aufräumen des Verdämmungs-Materials im Schurzholz. Seit 7 Uhr Morgens im Dienst, zuletzt $^1/_4$ Stunde lang in der Gallerie. Kam von selbst heraus, schwankte noch einige Minuten. | Ruhte bis 3 Uhr, ging dann mit Unterstützung eines Kameraden nach Graudenz, war sehr matt, hatte Kopfschmerzen u. kurzen Athem, schlief mehrere Stunden, worauf der Kopf freier wurde. Athem blieb beklommen. Kein | Beschreibt eine Art Aura, die von den Füssen aufsteigend, ihm plötzlich den Athem benimmt. |

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circulati[on] — Respirati[on] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Herzensangst. 11 Uhr 55 Minut. desgleichen. In den Pausen sehr niedergedrückte Stimmung. | schmerz, Müdigkeit. | dehaut röthet sich. | | bekäm[…] keine [… ] sehr [… ]gelmäs[…] sehr [… ]schleuni[…] Respirati[…] |
| 14/8. | A. Pionier Philipp. | Bericht. | Etwas getrübt. | Taumelt. — Kopfschm. | — | — | — |
| 16/8. | A. Pionier Friedrich. | 9 Uhr früh. | Kopfschmerz. | Muskelschwach, taumelt. | Pupillen normal, Bindehaut injicirt. | Gesicht roth, warm, ohne Schweiss. | Puls 68, [re]gelmäss[ig] — 20 regelmässig. |
| 16/8. | A. Pionier Haase. | dito. | Bewusstlos, weinte. | Zuckungen in den Adductoren der Oberschenkel, Spannung der Beugemuskeln der Oberextremitäten, krampfhaftes Muskelspiel | Pupillen von mittlerer Weite, ohne Reaction, Bindehaut injicirt, Thränen in den Augen. | Gesicht roth, warm, kein Schweiss. Temperatur 36,4. | Puls 84, [… ]regelmä[ssig] zeitwei[se] verschw[in]dend, [ab]hängig [von] Muskels[pan]nung. — 32 flach, [re]gelmäss[ig] |

| …ation. — …in und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| | | Husten und Auswurf. Am 15/8. matt, Kopfschm., Schlafsucht, Schwindel, Appetit nicht beeinträchtigt Stuhl normal. Ging nicht zur Arbeit. 16/8. Schwindelfrei, noch matt, beklommen auf der Brust. Auss. Dienst 17/8. Puls 88 regelmäss.; Respiration 28 regelmässig. Gesicht blass, Bindehaut nicht geröthet, zeitweise Schwindel, matt. Vesiculäres Athmen. Herztöne rein, kein Herzklopfen. Zunge rein. Normaler Stuhl. | |
| — | Gallerie 16, setzte eine Stunde lang Rahmen (Gallerie 25 Rahmen = 6 Meter lang). | Nach 10 Minuten arbeitsfähig. | 2. Erkrankung, 1. Erkrankung am 10/8. cf. Ballon II. 9 Uhr 10 Min. Luft entnommen. |
| …elkeit, …rgen. | Arbeitet kurz vor 7 Uhr früh in der Gallerie 20, die 6 Meter lang, in dem Terrain des Quetschers Nr. 7 vom 15/8, vor Ort mit 2 Anderen, erkrankte nach 5—6 Minuten Arbeit unter Schwindel, kroch mit fremder Hülfe heraus, fiel aussen bewusstlos um, kam theilweise zu sich und wollte „auf allen Vieren" weiter kriechen. Vor Beginn der Arbeit war in der Gallerie nicht ventilirt. | Ist am 16/8. Nachmittags beim Exerciren ohnmächtig umgefallen. | |
| …t erbro…n, unwill…rliche …hlentlee…g, kein …aum vor …Munde. — …in unwill…rlich ent…rt. Blut …n 9 Uhr | Ging nach 7 Uhr in die ventilirte Gallerie 30, arbeitete darin ½ Stunde, als die Röhre des Ventilators abbrach, wartete einige Zeit in der Gallerie, fiel daselbst zusammen, erbrach vor Ort, wurde herausgezogen; 10 Minuten später bekam er im Minenlazareth Krämpfe, wurde kalt übergossen. | 9 Uhr 20 Min. sind die Zuckungen vorüber, reagirt auf starke Reize 10 Uhr 10 Min. bei Bewusstsein, klagt über Kopfschmerz und Schwindel. | 2. Erkrankung, 1. Erkrankung am 14/8. cf. Ballon II. |

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. Angr. — Verth. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circulation. — Respiration. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | am Kinn. — Erloschen, keine Reaction bei Berührung der Cornea. | | | |
| 16/8. | A. Pionier Grabau. | 8 Uhr 40 Minuten früh. | Frei, fühlt Druck in Schläfen. | Muskelschwach, taumelt. — Erhalten. | Pupillen normal, geringe Injection der Bindehaut. | Gesicht roth, warm, kein Schweiss. | Puls 86, r[illegible] gelmässig, kräftig. — 12 regelmässig. |
| | A. Pionier Kluge. | 10 Uhr 15 Minuten früh. | Hat starken Kopfschmerz, kann Auskunft geben. | Taumelt. | Pupillen normal, Bindehaut injicirt. | Gesicht kühl, bleich, schweissig. | Puls96, klei[illegible] schwach, regelmässi[illegible] — 24 regelmässig. |
| 19/8. | V. 7 Mann. | Nachts 1 bis5Uhr. Bericht des wachthabenden Oberlazarethgehilfen. | Alle bewusstlos. | — | — | — | — |
| 19/8. | A. Pionier Stiller. | 2 Uhr 25 Minuten Nachm. | Schwindel, sonst Sensorium frei. | Taumelig. — Fühlt bei geschlossenen Augen fein an den Fingerspitzen. | Pupillen normal reagirend, Bindehaut injicirt. | Gesichtsfarbe und Temperatur gewöhnlich. Kein Schweiss. | Puls 104, [illegible] gelmässig[illegible] — 28 leicht [illegible] regul. |
| 19/8. | A. Pionier Fulda. | 2 Uhr 30 Minuten Nachm. | Kopfschmerz. | Mattigkeit. | Pupillen normal. | Haut feucht, Hände kühl. | Puls 120, [illegible] gelmässig[illegible] starke Sp[illegible]nung. 26. |

| igestion. — Urin und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| 0 Minuten ntnommen: Kein Kohenoxyd schweisb. | | | |
| elkeit gegeben. | Hat gegen 7 Uhr in Gallerie 20 ohne vorgängige Ventilation 5 Minuten gearbeitet, als er wegen Schwindel die Gallerie verliess. Um einen Kameraden aus der Gallerie zu retten, ging er zum zweiten Male hinein, wurde schwindlig, das Bewusstsein trübte sich. | — | cf. Ballon II. |
| ht üblig. — | Hat 1 Stunde lang in der nicht ventilirten, 26 Rahmen langen ($6^1/_2$ Meter) Gallerie 21 gearbeitet, wurde in letzter Zeit schwindlig, kam allein heraus. | Rasche Erholung. | cf. Ballon XII. gefüllt unmittelbar nach Erkrankung, vor Ventilation. 2. Erkrankung, 1. Erkrankung am 13/8. |
| — | Nach Quetscher No. 12 in Teten-Ecoute der Gallerie I. am 18/8 – Ladung 25 Kilog., 1 Erkrankung am 19/8 5 Uhr Morgens, 1 schwerer Fall um 1 Uhr Morgens nach $^1/_4$ stündigem Aufenthalt in Gallerie II., Aufräumen der Verdämmung, bewusstlos, Convulsionen. — Aus Gallerie II. $^1/_4$ Stunde später 1 Fall, der viel erbrach. — Aus derselben Gallerie noch 2 Fälle ohne Erbrechen und ohne Krämpfe. Aus Gallerie III. 3 Mann, anfangs bewusstlos. — | Rasche Erholung. Erholung n. etwa 2 Stunden ging um 6 Uhr Morgens allein nach Haus. Kam leicht zu sich. Erholten sich n. $^1/_4$–$^1/_2$ Stunden. Rasche Erholung. | 4 aus Gallerie II. 2 aus Gallerie III. 1 aus Gallerie I. cf. Ballon XIV. |
| ht mehr el. | Gallerie 21, arbeitete etwa $^1/_4$ Stunde vor Ort, erkrankte $1^1/_2$ Uhr Mittags unter Kopfschmerz, Uebelkeit, Ohrensausen, kroch allein heraus, wurde nach dem Minenlazareth geführt, verlor das Bewusstsein niemals völlig. Quetscher No. 13 am 19/8 Morgens 6 Uhr bei Ecoute 112, Gallerie II. (Länge der Gallerie 21 : 10,5 Meter, Fall 3,5 Meter). — | Leichter Fall. | — |
| — | Hat in Gallerie 15 (Terrain des Quetschers No. 13) etw[illegible] Stunde vor Ort gearbeitet, [illegible]sen, Taubheit vor d[illegible]lein | Leichter Fall. | 2. Erkrankung. |

| Datum. | Charge und Namen. — Partei. | Zeit d. Eintritts in die Behandlung. | Sensorium. | Motilität. — Sensibilität. | Sinnesorgane. | Haut. | Circulation — Respiration |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19/8. | A. Gefreiter Fischer. | 8 Uhr 30 Minuten Abends. | Kopfschmerz, Schläfrigkeit. | Mattigkeit. — Normal. | — | Gewöhnlich warme und feuchte Haut. | Puls 84, … crotus, … weite A… terie. — Normal. |

| Digestion. — Urin und Blut. | Anamnese. | Weiterer Verlauf, Ausgang, Therapie. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|
| | zu Tage, verlor das Bewusstsein nicht völlig, nicht üblig. — | | |
| — | Arbeitete 5 Stunden hindurch mit geringen Unterbrechungen in einer 18 Meter langen, wenige (etwa 2,5) Meter unter dem Erdboden verlaufenden Gallerie. (Projectirter Angriff gegen eine Sappe.) Die Gallerie lag entfernt von dem Minengefechtsfelde in einem nicht mit Pulvergasen durchtränkten Boden. Nach dreistündiger Arbeit erloschen die Lichter, dennoch arbeitete er weiter, merkte nach der 4. Stunde Beklemmung auf der Brust, musste häufig athmen, blieb aber dennoch bei der Arbeit, bis er schliesslich durch Unwohlsein gezwungen die Gallerie verlassen musste. Draussen angekommen, taumelte er, fiel um, verlor aber niemals ganz das Bewusstsein. | Erholt sich nach etwa 1 Stunde. | Erkrank. in einem von Pulvergasen freien Boden, in einer Luft, in der Lichter nicht mehr brannten. |

c. Bericht über den Unglücksfall am 8. August.

Ueber die Erkrankungen bei dem Unglücksfalle am 8. August giebt der Anlage 1 beigefügte Bericht des Assistenzarzt Dr. Evers, welcher Augenzeuge desselben war, die nöthige Auskunft. Die Commission war durch einen Zufall von der Betheiligung an der Hülfsleistung ausgeschlossen.

Da der Zeitpunkt, an welchem es zum ersten Male während des Minenkrieges zur Zündung einer Mine kommt, nicht sicher vorher zu bestimmen ist, so war zwischen den Mitgliedern der Commission und dem die Vertheidigung resp. den Angriff leitenden Offizier die Verabredung getroffen worden, dass so früh als möglich, also nach erhaltener Erlaubniss zum Laden, die Commission benachrichtigt werden solle. Am 7. August Mittags theilte der die Vertheidigung leitende Ingenieur Hauptmann Kutzbach der Commission mündlich mit, dass voraussichtlich erst nach Verlauf einiger Tage die Arbeiten soweit gediehen sein würden, dass es zum Schiessen kommen könne. Es würden überhaupt die Mineurarbeiten am nächsten Tage, am 8., erst Nachm. 2 Uhr beginnen können, da am Vormittag, dem gegebenen Befehle gemäss, im Minenterrain Schiessversuche der Artillerie stattfänden. Dieser letzte Befehl wurde jedoch noch am Abend des 7. Aug. geändert, ohne dass dies die Commission erfuhr. Die Mineurübungen fanden am Vormittag des 8. statt. Der Vertheidiger kam gegen 10 Uhr plötzlich durch die eingegangenen Meldungen zu der Annahme, dass der unterirdische Angreifer ihnen unerwartet nahe gekommen sei und zündete den ersten Quetscher (No. 1) in Ecoute E. Gallerie II. um 11½ Uhr. Die Benachrichtigung der Commission wurde in der Eile unterlassen.

Der Sachverhalt über die nun eintretende Catastrophe ist desshalb den Untersuchungen, welche später über den Unglücksfall angestellt wurden, entnommen. (Cf. Bericht der 1. Ingenieur-Inspection. Anlage 2.)

Nach der Explosion begab man sich an den Eingang der Gallerie. Soweit man in die sehr lange Gallerie II hineinsehen konnte, brannten die darin angebrachten Lichte noch deutlich. Ein auffallender Geruch war am Eingange nicht wahrnehmbar. Vom Diensteifer getrieben, durch das Brennen der Lichter und die Geruchlosigkeit der Luft sicher gemacht, beschloss der die Vertheidigung leitende Hauptmann Kutzbach vom Badischen Pionier-Bataillon, frühzeitig in die Gallerie einzudringen, um sich von dem Resultat seiner Quetschmine selbst zu überzeugen. Um im Falle einer gefährlichen Luftbeschaffenheit Hülfe zu haben, nahm er den Sergeanten Meissner vom Garde-Pionier-Bataillon mit sich.

Derselbe war mit dem noch später zu beschreibenden, comprimirte Luft enthaltenden Athmungsapparate versehen, hatte aber, um die Luft in dem Apparat zu schonen, den Hahn des Zuleitungsschlauches geschlossen und den Schlauch nicht in den Mund genommen. Ungefähr 5 Minuten nach abgegebenem Schuss drang man in die Gallerie ein. Einige Officiere schlossen sich den Vorgehenden an, kehrten jedoch nach wenigen Schritten wieder um, da sich plötzlich schlechte Luft bemerkbar machte. Mannschaften gingen an ihnen vorbei und folgten dem Hauptmann Kutzbach. Am Entree der Gallerie hörten die zurückgehenden Officiere plötzlich den Ruf: „Leute herein.“ Ein an ihnen vorbeigehender Sergeant äusserte: „da ist schon Einer minenkrank.“ Die Lichter erloschen. Etliche Mannschaften drangen trotzdem ein. Einige brachen bald in der schlechten Luft zusammen, Andere kamen minenkrank schleunigst zurück. Man schickte darauf von Neuem Leute in die Gallerie, um die zuletzt Umgefallenen herauszutragen. Dies gelang denn auch mit Wenigen, die nicht weit vom Entree gefunden wurden. Unter denselben befanden sich 2 Todte. Es wurde nun von dem herbeieilenden Hauptmann v. Noway-Seeling der Befehl zum Ventiliren der Gallerie durch Lufteinblasen gegeben. Er selbst begab sich in die Gallerie, fiel aber nach 18—20 Schritten bewusstlos zusammen. Hauptmann v. Kleist übernahm nun die weiteren Rettungsversuche, unterstützt durch den sich ihm freiwillig anschliessenden Oberlazarethgehülfen Quandt. Er versah sich mit einer Laterne, blieb jedoch, wie der Gehülfe, ohne jedes Schutzmittel und schleppte zuerst den Hauptmann v. Noway heraus, brachte auch nach wiederholtem Eindringen mit Hülfe eines Pioniers, der mittlerweile einen Respirationsapparat umgeschnallt hatte und des Gehülfen Quandt noch einen Pionier, schliesslich auch den bereits verstorbenen Hauptmann Kutzbach aus der Gallerie, wurde dann aber selbst so minenkrank, dass er stundenlang bewusstlos zubrachte. Das Herausschaffen der noch übrigen 3 Verunglückten und gleichfalls bereits Verstorbenen wurde nach und nach von 2 mit Respirationsapparaten ausgerüsteten Pionieren ausgeführt. Es stellte sich heraus, dass vor Hauptmann Kutzbach noch der Sergeant und der Pionier des 5. Bataillons lagen, welche dem an der Ecoute C. liegenden Sergeant Meissner hatten zu Hülfe eilen wollen; letzterer war wahrscheinlich zuerst den Pulvergasen erlegen.

### c. Bericht über den Unglücksfall am 8. August.

Ueber die Erkrankungen bei dem Unglücksfalle am 8. August giebt der Anlage 1 beigefügte Bericht des Assistenzarzt Dr. Evers, welcher Augenzeuge desselben war, die nöthige Auskunft. Die Commission war durch einen Zufall von der Betheiligung an der Hülfsleistung ausgeschlossen.

Da der Zeitpunkt, an welchem es zum ersten Male während des Minenkrieges zur Zündung einer Mine kommt, nicht sicher vorher zu bestimmen ist, so war zwischen den Mitgliedern der Commission und dem die Vertheidigung resp. den Angriff leitenden Offizier die Verabredung getroffen worden, dass so früh als möglich, also nach erhaltener Erlaubniss zum Laden, die Commission benachrichtigt werden solle. Am 7. August Mittags theilte der die Vertheidigung leitende Ingenieur Hauptmann Kutzbach der Commission mündlich mit, dass voraussichtlich erst nach Verlauf einiger Tage die Arbeiten soweit gediehen sein würden, dass es zum Schiessen kommen könne. Es würden überhaupt die Mineurarbeiten am nächsten Tage, am 8., erst Nachm. 2 Uhr beginnen können, da am Vormittag, dem gegebenen Befehle gemäss, im Minenterrain Schiessversuche der Artillerie stattfänden. Dieser letzte Befehl wurde jedoch noch am Abend des 7. Aug. geändert, ohne dass dies die Commission erfuhr. Die Mineurübungen fanden am Vormittag des 8. statt. Der Vertheidiger kam gegen 10 Uhr plötzlich durch die eingegangenen Meldungen zu der Annahme, dass der unterirdische Angreifer ihnen unerwartet nahe gekommen sei und zündete den ersten Quetscher (No. 1) in Ecoute E. Gallerie II. um 11½ Uhr. Die Benachrichtigung der Commission wurde in der Eile unterlassen.

Der Sachverhalt über die nun eintretende Catastrophe ist desshalb den Untersuchungen, welche später über den Unglücksfall angestellt wurden, entnommen. (Cf. Bericht der 1. Ingenieur-Inspection. Anlage 2.)

Nach der Explosion begab man sich an den Eingang der Gallerie. Soweit man in die sehr lange Gallerie II hineinsehen konnte, brannten die darin angebrachten Lichte noch deutlich. Ein auffallender Geruch war am Eingange nicht wahrnehmbar. Vom Diensteifer getrieben, durch das Brennen der Lichter und die Geruchlosigkeit der Luft sicher gemacht, beschloss der die Vertheidigung leitende Hauptmann Kutzbach vom Badischen Pionier-Bataillon, frühzeitig in die Gallerie einzudringen, um sich von dem Resultat seiner Quetschmine selbst zu überzeugen. Um in dem Falle einer gefährlichen Luftbeschaffenheit Hülfe zu haben, nahm er den Sergeanten Meissner vom Garde-Pionier-Bataillon mit sich.

Derselbe war mit dem noch später zu beschreibenden, comprimirte Luft enthaltenden Athmungsapparate versehen, hatte aber, um die Luft in dem Apparat zu schonen, den Hahn des Zuleitungsschlauches geschlossen und den Schlauch nicht in den Mund genommen. Ungefähr 5 Minuten nach abgegebenem Schuss drang man in die Gallerie ein. Einige Officiere schlossen sich den Vorgehenden an, kehrten jedoch nach wenigen Schritten wieder um, da sich plötzlich schlechte Luft bemerkbar machte. Mannschaften gingen an ihnen vorbei und folgten dem Hauptmann Kutzbach. Am Entree der Gallerie hörten die zurückgehenden Officiere plötzlich den Ruf: „Leute herein." Ein an ihnen vorbeigehender Sergeant äusserte: „da ist schon Einer minenkrank." Die Lichter erloschen. Etliche Mannschaften drangen trotzdem ein. Einige brachen bald in der schlechten Luft zusammen, Andere kamen minenkrank schleunigst zurück. Man schickte darauf von Neuem Leute in die Gallerie, um die zuletzt Umgefallenen herauszutragen. Dies gelang denn auch mit Wenigen, die nicht weit vom Entree gefunden wurden. Unter denselben befanden sich 2 Todte. Es wurde nun von dem herbeieilenden Hauptmann v. Noway-Seeling der Befehl zum Ventiliren der Gallerie durch Lufteinblasen gegeben. Er selbst begab sich in die Gallerie, fiel aber nach 18—20 Schritten bewusstlos zusammen. Hauptmann v. Kleist übernahm nun die weiteren Rettungsversuche, unterstützt durch den sich ihm freiwillig anschliessenden Oberlazarethgehülfen Quandt. Er versah sich mit einer Laterne, blieb jedoch, wie der Gehülfe, ohne jedes Schutzmittel und schleppte zuerst den Hauptmann v. Noway heraus, brachte auch nach wiederholtem Eindringen mit Hülfe eines Pioniers, der mittlerweile einen Respirationsapparat umgeschnallt hatte und des Gehülfen Quandt noch einen Pionier, schliesslich auch den bereits verstorbenen Hauptmann Kutzbach aus der Gallerie, wurde dann aber selbst so minenkrank, dass er stundenlang bewusstlos zubrachte. Das Herausschaffen der noch übrigen 3 Verunglückten und gleichfalls bereits Verstorbenen wurde nach und nach von 2 mit Respirationsapparaten ausgerüsteten Pionieren ausgeführt. Es stellte sich heraus, dass vor Hauptmann Kutzbach noch der Sergeant und der Pionier des 5. Bataillons lagen, welche dem an der Ecoute C. liegenden Sergeant Meissner hatten zu Hülfe eilen wollen; letzterer war wahrscheinlich zuerst den Pulvergasen erlegen.

d. **Krankengeschichte des Pionier Kahlert nebst Obductionsbefund.**

Unter den Verunglückten, die vom Hauptmann v. Kleist aus der Gallerie herausgeschafft wurden, befand sich auch der Pionier Kahlert. Wie lange derselbe im Minengange gelegen hat, ist durch die angestellte Untersuchung nicht mit Sicherheit ermittelt worden. Als er herausgebracht wurde, war er anscheinend vollkommen leblos, ohne Athmung und Puls. Durch fortgesetzte Bemühungen gelang es jedoch Dr. Evers durch Hautreize und künstliche Athmung Respiration und Circulation wieder in Gang zu bringen. Da die Bewusstlosigkeit aber anhielt und andere gefahrdrohende Erscheinungen hinzutraten, wurde Patient in das Garnison-Lazareth geschafft.

Hier bot sein Zustand um 3 Uhr 10 Minuten Nachmittags folgende Erscheinungen dar:

Das Gesicht ist bleich. Die Ohren sowie die Lippenschleimhaut sind bläulich gefärbt, die Augenlidspalte ist halb geöffnet, die Gefässe der Bindehaut sind stark injicirt, Thränenflüssigkeit ist in vermehrter Menge vorhanden. Die Bulbi sind nach oben gerollt. Die Pupille ist von mittlerer Weite. Die Kiefer sind fest gegeneinander gepresst. Aus der Mundöffnung findet reichliche Entleerung eines schaumigen Speichels statt. Die oberen Extremitäten sind stark flectirt, die unteren dagegen adducirt und gestreckt. Sämmtliche Muskeln befinden sich im Zustand tetanischer Starre, besonders die Masseteren, die Nackenmuskeln, die Pectorales, die Adductoren der Oberschenkel, die Wadenmuskeln. Von Zeit zu Zeit wird diese Starre durch Zuckungen unterbrochen, welche sich theils über das ganze Muskelsystems verbreiten und theils den Character ausgebildeter clonischer Krämpfe annehmen, theils nur zu leichten, auf einzelne Muskelbündel beschränkten, zitternden Bewegungen führen. Auch die Gesichtsmuskeln werden von diesen Zuckungen ergriffen. Ab und zu findet sich starkes Zähneknirschen. Die Sensibilität ist vollkommen erloschen, keinerlei Hautreiz führt zu einer Reaction, selbst Berührung der Cornea löst keinerlei Reflexe aus. Auf Lichteinfall reagirt die Musculatur der Iris kaum merklich. Die Haut hat am Rumpfe die Beschaffenheit der cutis anserina, sie ist überall kühl, besonders an den Extremitäten, ihre Feuchtigkeit ist nicht verändert; Schweisssecretion ist nur in den Achselhöhlen wahrnehmbar. Flecke, Blutunterlaufungen etc. sind nicht vorhanden. Die Temperatur in der Achselhöhle gemessen beträgt 37,6°. Die Athemzüge sind unregelmässig, sehr erschwert und frequent. Im Mittel erfolgen etwa 30 in der Minute von abdominalem Typus. Die Inspiration ist lang, schlürfend, begleitet von Contractionen der accessorischen Athemmuskeln, sowie Erweiterung der Nasenöffnungen, die Exspiration geschieht unter stöhnendem Geräusch. Ueber der ganzen Brust hört man bei der Auscultation Schnurren und mittelgrossblasige Rasselgeräusche. Die Percussion ergiebt keine Abnormität. Der Puls ist äusserst frequent, 144, unregelmässig, die Radialarterie ist eng, ihre Spannung ist verringert, die Herztöne sind rein. Am Digestionstractus findet sich keine beson-

dere Veränderung. Die Zunge ist rein, das Abdomen ist etwas aufgetrieben und resistent. Unwillkürliche Kothentleerung war eingetreten.

Behufs der Blutuntersuchung wurden dem Patienten durch einen Lancettstich am Vorderarm einige Blutstropfen entzogen. Dieselben wurden mit destillirtem Wasser vermischt. Die rothe Lösung zeigte vor dem Spectralapparat die beiden für Oxyhämoglobin characteristischen Absorptionsbänder zwischen D. und E. mit dem intermediären grünen Spectralabschnitt. Durch Zusatz einer kleinen Menge von frisch bereitetem farblosen Schwefelammonium zu der Mischung in einem vollkommen angefüllten und luftdicht geschlossenen Gläschen, trat zwar nach einigen Minuten eine Aufhellung der dunkelen Bänder, aber kein vollständiges Verschwinden derselben ein; noch am nächsten Tage waren beide deutlich sichtbar. Ein Controlversuch mit einer Lösung gesunden Taubenblutes, in ganz gleicher Weise behufs Prüfung der Reductionsfähigkeit des Schwefelammoniums angestellt, führte nach wenigen Minuten zum Verschwinden der beiden Streifen und zum Auftreten des für sauerstofffreies Hämoglobin characteristischen einfachen Absorptionsbandes etwa in der Mitte zwischen beiden Oxyhämoglobinstreifen. Es war damit die Anwesenheit von Kohlenoxyd im Blut Kahlert's erwiesen.

Bei dem beschriebenen Zustande des Kahlert erschien es in therapeutischer Beziehung vor Allem rathsam, die ausserordentlich gesunkene Herzthätigkeit wenn möglich zu heben. Es wurde daher die weitere Wärmeabgabe der Haut durch Einwickelung in wollene Decken beschränkt und innerlich ein warmes concentrirtes Caffeeinfus mit Rum gereicht. Da der Mund krampfhaft geschlossen war, so musste durch gewaltsame Eröffnung desselben mit Holzkeilen und Einführung der Schlundsonde die betreffende Mischung beigebracht werden. Der mehrfach gemachte Versuch durch Clysma die Mischung beizubringen, misslang bei vollständig erschlafftem Sphincter.

Auf die Athmung einzuwirken, lag vorläufig keine Veranlassung vor. Der Inductionsapparat wurde, falls entsprechende Störungen der Athmung eintreten sollten, zur Anwendung bereit gestellt.

Die Transfusion wurde in Erwägung gezogen. Indess in Berücksichtigung der Schwierigkeiten, welche ihrer Anwendung durch die fortdauernden heftigen Zuckungen bereitet worden wären, bei dem augenblicklichen Mangel der dazu erforderlichen Instrumente und bei den trotz mancher Empfehlung doch immer noch zweifelhaften Erfolgen dieser Operation, nach bisherigen Methoden, unterblieb dieselbe.

4 Uhr 15 Minuten: Das Gesicht hat sich jetzt geröthet, die Haut ist überall warm geworden, der ganze Körper ist reichlich mit Schweiss bedeckt.

Die Pulsfrequenz ist auf 160, die Temperatur in der Achselhöhle auf 38,8° gestiegen. In Bezug auf Sensorium, Motilität und Sensibilität keine bemerkenswerthen Veränderungen. An den unteren Extremitäten besteht noch immer andauernde Muskelspannung, an den oberen Extremitäten zeigt sich vorübergehend ein Nachlass des tetanus. Der Kopf ist durch die contrahirten Nackenmuskeln nach hinten gezogen und nur in kurzen Unterbrechungen dieser Starre gelingt es denselben vornüber zu beugen.

Die Pupille zeigt jetzt auf Lichteinfall keine Spur von Verengerung: die bulbi prominiren etwas. Am Zungenrand ist durch die krampfhaften Kieferbewegungen eine kleine Bisswunde entstanden.

8 Uhr Abends: Um diese Zeit war der Zustand fast ganz hoffnungslos. Die Respiration immer noch rein abdominal, 60. Der Puls nicht mehr zählbar, die Temperatur 38,6°.

11 Uhr Abends: Einiger Nachlass der Krankheitserscheinungen. Die Respirationsfrequenz ist auf 32 gesunken. Die Athemzüge haben einen costo — abdominalen Typus angenommen. Die Cyanose erscheint geringer, die Haut ist noch überall warm und mit Schweiss bedeckt. Die Pulsfrequenz ist auf 124 gesunken, die Temperatur dagegen auf 39,5° gestiegen. In Bezug auf das Sensorium erscheint eine Besserung annehmbar, da Patient öfters gleichsam suchend mit den Händen hin und hergreift.

Behufs Untersuchung des Urins war um 8 Uhr Abends ein Catheter eingeführt worden. Es entleerten sich 200 gr. eines gelben, trüben Urins. Nach der Filtration wurde derselbe mit negativem Resultat auf Zucker untersucht, dagegen trübte er sich beim Erhitzen und diese Trübung verschwand nach dem Erkalten nicht durch Zusatz von Salpetersäure, der Urin enthält also geringe Eiweissmengen.

Am 9. August 8½ Uhr Morgens zeigte es sich, dass die Besserung nur vorübergehend gewesen war. Es waren jetzt die Zeichen des nahen Todes vorhanden. Die Muskelstarre hatte einer gänzlichen Erschlaffung Platz gemacht. Die Bewusstlosigkeit war wieder absolut, die Cyanose noch stärker, die Extremitäten kühl. Die Pupillen jetzt eng und unbeweglich. Die Pulsfrequenz 148, Respirationsfrequenz 64. Die Respiration von grossblasigen Rasselgeräuschen begleitet. Temperatur in der Achselhöhle 40,6 Gr. Der Tod erfolgte um 2½ Nachmittags, also nach etwa 24 Stunden.

Obductionsbefund. Die Obduction wurde am 11. vorgenommen und ergab Folgendes: Kräftige Musculatur, dünner panniculus, ziemlich weit vorgeschrittene Fäulniss. Die Bauchdecken bereits grünlich, der Leib etwas aufgetrieben. Dennoch ist die Todtenstarre noch nicht ganz gewichen. Auf dem Rücken zahlreiche, meist confluirende, unregelmässige Flecke, welche sich in Bezug auf Farbe und sonstige Beschaffenheit nicht von den gewöhnlichen Todtenflecken unterscheiden. Die Musculatur von rothbrauner Farbe. Im Pericardium etwa 3 Esslöffel schwach blutig gefärbter, sonst klarer Flüssigkeit. Die Wände des Pericardiums überall glatt. Das Herz von gewöhnlicher Grösse, die Kranzadern stark gefüllt. Die Herzmuskulatur ausserordentlich schlaff, von blassgraugelber Farbe. Bei der mikroscopischen Untersuchung zeigen viele Muskelbündel eine sehr undeutliche Querstreifung der Fibrillen

und körnige Beschaffenheit. Der linke Ventrikel leer, im linken Vorhof eine geringe Menge flüssigen Blutes, dem ein speckhäutiges kleines Gerinnsel beigemischt ist. Das Blut selbst ist von dunkeler Farbe, röthet sich jedoch heller an der Luft.

Die rechte Kammer mässig gefüllt, der rechte Vorhof dagegen prall angefüllt mit einem sehr weiche Gerinnsel enthaltenden Blute. Ostien und Klappenapparate normal. In den Pleurahöhlen einige Esslöffel klarer, gelblicher Flüssigkeit. Wände der Pleurahöhle glatt. Nur die linke Lunge ist an der Spitze durch lockere Bindegewebsstränge mit der Brustwand verwachsen. Das Gewebe der linken Lunge ist überall lufthaltig, dunkelroth, feucht, im unteren Lappen von dichterer Beschaffenheit, beim Druck entleert sich von der Schnittfläche eine grosse Menge feinschaumiger Flüssigkeit. Im unteren Lappen an der Oberfläche einige Stellen mit interstitiellem Emphysem. Die rechte Lunge zeigte ebenfalls hie und da emphysematöse Heerde, sonst wie links. Die Schleimhaut der Bronchien mit feinblasigem Schaum bedeckt, dessgleichen im Larynx und Trachea. Die Leber mittelgross, von matthellbrauner Farbe und weicher Consistenz. Die Acini von mittlerer Grösse, ihr Centrum hellbraun, ihre Peripherie graugelb. In der Gallenblase eine grosse Menge dünnflüssiger brauner Galle. — Die Milz hat eine gerunzelte Oberfläche, sehr schlaffe Beschaffenheit, ihre Trabekeln sind deutlich, die Malpighischen Körperchen desgleichen, die Pulpa braunroth. — Auf der Oberfläche beider Nieren starke Venennetze. Die Rindensubstanz trübe, röthlich grau, die glomeruli traten sehr deutlich hervor, die Markkegel blutreich. — Im Magen und Darm keine Veränderungen. — Nach Eröffnung des Schädels zeigt die dura eine mässige Füllung ihrer Gefässe; das Gefässnetz der pia dagegen ist stärker gefüllt, die pia selbst oedematös. Die Gyri etwas abgeflacht. Die graue Hirnrinde auffallend hell; die weisse Substanz zeigt auf ihrer Schnittfläche nur spärliche Blutpunkte. Die Ventrikel von mittlerer Weite, darin eine geringe Menge Flüssigkeit, plexus chorioid. ohne Veränderungen. Die grossen Gefässe an der Basis mässig gefüllt, auch sonst daselbst nichts Abnormes.

Das Blut der Leiche wurde noch einmal auf die angegebene Weise auf Kohlenoxyd untersucht. Dasselbe war jedoch nicht mehr nachzuweisen. Das Blut wurde durch das Schwefelammonium vollständig reducirt.

### e. Einzelne Symptome der Minenkrankheit.

Nervensystem. Die Symptome von Seiten des Nervensystems sind im Gesammtbilde der Minenkrankheit von allen nicht allein die hervorstechendsten, sondern auch die constantesten und selbst in den leichtesten Fällen niemals fehlenden. Sie zeigen sich als Kopfschmerz, Müdigkeit, Schwindelgefühl, Umnebelung der Sinne, die sich bis zur vollständigen Bewusstlosigkeit steigern kann.

Die Störung der Gehirnthätigkeit zeigt sich manchmal in einer eigenthümlichen Veränderung der Gemüthsstimmung: manche Kranke machen den Eindruck der Betrunkenen, sie lachen, ohne sich eines

rechten Grundes dazu bewusst zu sein, Andere weinen und wimmern unaufhörlich oder sind tobsüchtig, werfen sich umher, schlagen um sich herum, Andere sitzen apathisch da und starren vor sich hin, antworten nur langsam auf die ihnen vorgelegten Fragen.

In Betreff der Sinnesorgane erscheint es selbstverständlich, dass die Functionen derselben in gleicher Weise als die des Gehirns beeinträchtigt sind. Ohrensausen und Umnebelung des Gesichtsfeldes gehören zu den gewöhnlichsten Erscheinungen.

Eine interessante Thatsache verdient hervorgehoben zu werden, welche sich in den obengenannten Beschreibungen der Symptome der Minenkrankheit nicht erwähnt findet, dieselbe wurde auch bei Graudenz nicht selbst beobachtet, sondern stammt aus mündlicher Mittheilung eines Offiziers, welcher Gelegenheit hatte den betreffenden Minenkranken zu sehen. Ein Offizier wurde in einer Gallerie unwohl, bemerkte die Prodrome der Krankheit, begann zu taumeln und wurde aus der Gallerie geführt. An der freien Luft besserten sich diese Erscheinungen bald, er erklärt sich wohler zu fühlen, wunderte sich nur darüber, dass er sich noch immer in der dunkelen Gallerie befände. Nach kurzer Zeit stellte sich allmälig das Sehvermögen wieder her. Diese vorübergehende Blindheit bei sonst erhaltenem Sensorium ist auch bei Kohlenoxydvergiftung beobachtet.

In leichten Erkrankungsfällen war das Verhalten der Pupille normal, Injection der Bindehaut bald vorhanden, bald fehlend. In den schweren Fällen wurde die Pupille häufiger erweitert, seltener verengert, unter beiden Verhältnissen unbeweglich gefunden, bei verschiedener Füllung der Bindehautgefässe, bestehendem oder fehlenden Thränenfluss.

Sensibilität. Hier gilt dasselbe wie in Betreff der Sinnesorgane. Die Abnahme der Sensibilität hält im Allgemeinen gleichen Schritt mit der Störung der Gehirnthätigkeit. Im bewusstlosen Zustande werden die stärksten Reize nicht mehr empfunden. Doch kann man in einzelnen Fällen constatiren, dass auch bei zurückgekehrtem Bewusstsein eine gewisse Verminderung der Sensibilität noch einige Zeit bestehen bleibt. Von schmerzhaften Empfindungen ist nur der Kopfschmerz hervorzuheben, der oft so stark ist, dass die Kranken, in dem Bestreben ihn zu lindern, den Kopf mit beiden Händen zusammenpressen.

Motilität. Die von der Musculatur ausgehenden Störungen traten oft in sehr frappanter Weise hervor. Mattigkeitsgefühl, Muskelschwäche, Unmöglichkeit, selbst bei oft noch klarem Sensorium, zu gehen und zu stehen, sind sehr häufig, während bei Bewusstlosigkeit oft eine vollständige Erschlaffung der Muskeln besteht.

Seltener dagegen und die schweren Fälle oft in ausgezeichneter Weise characterisirend, sind die spasmodischen Affectionen.

In den weniger schweren Fällen zeigen sich zitternde Bewegungen der Hände und Füsse, oft ein stark ausgebildeter Tremor oder ab und zu eintretende klonische Zuckungen einzelner Muskeln der Extremitäten oder des Gesichts oder tonische Krämpfe einzelner Muskelgruppen, z. B. der Scaleni, Sternocleidomastoidei, oder der Beugemuskeln der oberen Extremitäten, der Adductoren der Oberschenkel. In den ganz schweren Fällen ist mit der Bewusstlosigkeit ab und zu ein ausgebildeter Trismus und Tetanus verbunden (Krankengeschichte von Kahlert).

Circulation und Respiration. Die Pulsfrequenz ist in der Mehrzahl der Fälle erhöht (84—120), übersteigt jedoch nur in ganz schweren Fällen 124, so bei Kahlert (144—160), in vereinzelten, meist schweren Fällen sinkt sie unter die Norm. Die Kraft des Herzens ist fast beständig verringert, der Puls ist klein, die Spannung der Arterien ist im Allgemeinen subnormal, die Herzcontractionen erfolgen meist regelmässig; in den Fällen, in welchen der Rythmus gestört war, geschah dies meist im Verein mit anderen Muskelzuckungen.

Ein eigenthümliches Verhalten des Herzens wurde in einem Falle (Raffelt) beobachtet. (No. 32 der Tabelle.) Dieser Kranke bekam in unregelmässigen Intervallen von 5 bis 15 Minuten Anfälle, in welchen die Pulsfrequenz plötzlich um ein Beträchtliches schwankte, einmal von 84 bis 140. Plötzlich schossen ihm Thränen aus den Augen, die Bindehaut war geröthet; der Kranke schnappte seufzend nach Luft, hatte das Gefühl der Vernichtung, griff verzweiflungsvoll um sich, die Augen starr, die Fäuste geballt, die Füsse gestreckt. Fühlte man nach dem Pulse, so fand man ihn sehr klein, unregelmässig, von sehr hoher Frequenz (140). Ein solcher Anfall wiederholte sich 3mal. Zwischen dem 1. und 2. sank die Pulsfrequenz auf 84, stieg im 2. Anfall wieder auf 120, blieb auf dieser Höhe, bis wenige Minuten darauf der 3. Anfall erfolgte und sank dann nach einiger Zeit auf die Norm. Die Temperatur in der Achselhöhle betrug 37,0. Der Kranke war bei Bewusstsein und in Folge der Anfälle in sehr erklärlicher deprimirter Stimmung. Er erholte sich erst nach 4 Tagen vollständig. Es handelt sich hier wahrscheinlich um eine vasomotorische Neurose im Gebiet des Sympathicus.

Die Respiration ist in den leichteren Fällen bis auf vermehrte Frequenz der Athemzüge (20—30) wenig gestört. In den schweren Fällen dagegen, in welchen Bewusstlosigkeit besteht, sind die Athemzüge häufig unregelmässig, von einem schnarchenden Geräusch begleitet, verlangsamt,

selbst bis zu 5—8 in der Minute und oberflächlich, von rein abdominalem Typus. Kommt der Kranke zum Bewusstsein, so hebt sich die Anzahl der Athemzüge allmälig und überschreitet darauf das Normale.

Eine eigenthümliche und sehr gefährliche Respirationsstörung, die man ab und zu bei Minenkranken beobachtet und die mit anderen tonischen Krämpfen einhergeht, wird durch einen tonischen Krampf des Zwerchfells bedingt. Der Thorax verharrt längere Zeit im Zustand der Inspiration, sämmtliche Athemmuskeln sind tetanisirt, das Diaphragma erschlafft nicht, die Lippen färben sich bläulich, die bulbi treten hervor, oft erst nach einer bangen Minute lässt dieser Krampf nach, es erfolgen wieder Athemzüge. Es ist von grosser Wichtigkeit diesen krampfhaften Zustand der Athemlosigkeit von dem paralytischen zu unterscheiden; die Anwendung des Inductionsstromes zur Hebung der Apnoe würde in diesen Fällen ein sehr falsches Verfahren sein.

*Temperatur.* Temperaturmessungen waren bisher bei Minenkranken nicht ausgeführt, um so mehr schien es nothwendig, die Gelegenheit bei Graudenz zu benutzen und diese Lücke auszufüllen. Es wurde daher, wo es anging, die Temperatur in der Achselhöhle gemessen. Das Resultat war in den meisten Fällen ein negatives; die Temperatur schwankte zwischen 37° und 38°.

Nur die ganz schweren Fälle scheinen eine Ausnahme zu machen. Bei dem tödtlich verlaufenden Fall *Kahlert* war im Anfang der Beobachtung, einige Stunden nach der Erkrankung, die Temperatur normal (37,6), nach einer Stunde stieg sie auf 38° und nach noch mehreren Stunden auf 39,5° und erreichte vor dem Tode die Höhe von 40,6°. Dr. *Evers* mass bei 2 schweren Fällen Temperaturen von 35,8° und 36,1° bei 5 und 8 Athemzügen in der Minute. Ganz im Anfang scheint demnach bei ganz schweren Erkrankungen die Temperatur der Achselhöhle gesunken zu sein.

*Haut.* Der Zustand der Haut ist im Wesentlichen von den Störungen der Circulation abhängig. In schweren Fällen ist die Haut im Allgemeinen blass und kühl, besonders ist die Blässe des Gesichts oft eine sehr auffallende. Ab und zu beobachtet man dabei die Erscheinungen der Cutis anserina.

Bei Nachlass der schweren Symptome und in leichteren Fällen zeigt sich oft das umgekehrte Verhalten. Das Gesicht findet sich dann geröthet, die Gefässe der Bindehaut sind stark injicirt, die Haut fühlt sich warm an und ein reichlicher Schweiss bricht über den ganzen Körper aus.

*Digestionsorgane.* Uebelkeit, ab und zu begleitet von Speichelfluss, ist eine sehr häufige, aber meist schnell vorübergehende Erschei-

nung. Erbrechen wird im Allgemeinen nicht häufig beobachtet. In den schweren Fällen erfolgen bei vollkommener Bewusstlosigkeit unwillkürliche Stuhlentleerungen.

Urin. Die Untersuchung des Urins konnte in Graudenz nur in wenigen Fällen vorgenommen werden. Sie wurde besonders auf Anwesenheit von Zucker und Eiweiss gerichtet. Der Befund war in allen Fällen ein negativer in Bezug auf Zucker und nur in dem Kahlert'schen Falle (cf. Krankengeschichte) positiv in Bezug auf Eiweiss. Um die in dieser Beziehung gebliebene Lücke auszufüllen, benutzte Stabsarzt Schultze eine ihm gebotene Gelegenheit auf die Urinuntersuchung bei Minenkranken zurückzukommen.

Am 19. Aug. 1874 wurde während einer kleinen Mineurübung auf dem Uebungsplatze des Garde-Pionier-Bataillons in der Hasenhaide ein Quetscher gezündet. Als nach einiger Zeit das Verdämmungsmaterial herausgeholt wurde, kam eine Reihe von Erkrankungen zur Beobachtung. In drei Fällen war Bewusstlosigkeit vorhanden, einer dieser drei Kranken hatte Convulsionen.

Nachdem die Kranken zu sich gekommen waren, wurde ihr Urin aufgefangen. Es war seit dem Beginn der Erkrankung und der Entnahme des Urins eine halbe Stunde vergangen. Der Urin enthielt bei Pionier E. Spuren von Zucker, nachgewiesen bei Zusatz von Kalilösung und Cupr. sulphuric. durch die beim Erhitzen eintretende gelbe Färbung, sowie von Eiweiss; bei Pionier O. fanden sich noch deutlicher Zucker und Eiweiss; bei Pionier J. sehr deutlich Zucker, jedoch kein Eiweiss.

Es scheint danach als ob die Zuckerausscheidung in schweren Fällen doch häufiger wäre, als bei Graudenz angenommen wurde. Die Eiweissausscheidung wird durch die vorstehenden Untersuchungen von Neuem bestätigt. Ebenso wie unwillkürliche Kothentleerungen, erfolgen bei den Fällen tiefer Bewusstlosigkeit unwillkürliche Harnentleerungen.

### f. Verlauf und Ausgänge der Minenkrankheit.

Die bisher geltende Ansicht von der absoluten Gefahrlosigkeit der Minenkrankheit ist durch die letzte Graudenzer Uebung leider in überzeugender Weise widerlegt worden. Es kommt eben nur darauf an, wie concentrirt die schädlichen Pulvergase und wie lange sie auf den Organismus einwirken. Dass selbst noch nach 24 Stunden der Tod als Ausgang der Minenkrankheit eintreten kann, zeigt der Fall von Kahlert. Wer überhaupt das erschreckende Bild eines schweren Minenkranken mit vollständiger Bewusstlosigkeit und mit ausgebildetem Tetanus, unregelmässiger und manchmal fast minutenlang aussetzender Respiration

selbst bis zu 5—8 in der Minute und oberflächlich, von rein abdominale Typus. Kommt der Kranke zum Bewusstsein, so hebt sich die Anza der Athemzüge allmälig und überschreitet darauf das Normale.

Eine eigenthümliche und sehr gefährliche Respirationsstörung, d man ab und zu bei Minenkranken beobachtet und die mit ander tonischen Krämpfen einhergeht, wird durch einen tonischen Krampf d Zwerchfells bedingt. Der Thorax verharrt längere Zeit im Zustand d Inspiration, sämmtliche Athemmuskeln sind tetanisirt, das Diaphragn erschlafft nicht, die Lippen färben sich bläulich, die bulbi treten herv oft erst nach einer bangen Minute lässt dieser Krampf nach, es erfolg wieder Athemzüge. Es ist von grosser Wichtigkeit diesen krampfhaft Zustand der Athemlosigkeit von dem paralytischen zu unterscheiden; d Anwendung des Inductionsstromes zur Hebung der Apnoe würde diesen Fällen ein sehr falsches Verfahren sein.

T e m p e r a t u r. Temperaturmessungen waren bisher bei Minenkrank nicht ausgeführt, um so mehr schien es nothwendig, die Gelegenheit Graudenz zu benutzen und diese Lücke auszufüllen. Es wurde dah wo es anging, die Temperatur in der Achselhöhle gemessen. Das Result war in den meisten Fällen ein negatives; die Temperatur schwank zwischen 37° und 38°.

Nur die ganz schweren Fälle scheinen eine Ausnahme zu mache Bei dem tödtlich verlaufenden Fall K a h l e r t war im Anfang der Beo achtung, einige Stunden nach der Erkrankung, die Temperatur norm (37,6), nach einer Stunde stieg sie auf 38° und nach noch mehrer Stunden auf 39,5° und erreichte vor dem Tode die Höhe von 40, Dr. E v e r s mass bei 2 schweren Fällen Temperaturen von 35,8° u 36,1° bei 5 und 8 Athemzügen in der Minute. Ganz im Anfang schei demnach bei ganz schweren Erkrankungen die Temperatur der Achs höhle gesunken zu sein.

H a u t. Der Zustand der Haut ist im Wesentlichen von den Störung der Circulation abhängig. In schweren Fällen ist die Haut im Allg meinen blass und kühl, besonders ist die Blässe des Gesichts oft ei sehr auffallende. Ab und zu beobachtet man dabei die Erscheinung der Cutis anserina.

Bei Nachlass der schweren Symptome und in leichteren Fällen zei sich oft das umgekehrte Verhalten. Das Gesicht findet sich dann g röthet, die Gefässe der Bindehaut sind stark injicirt, die Haut fühlt si warm an und ein reichlicher Schweiss bricht über den ganzen Körper a

D i g e s t i o n s o r g a n e. Uebelkeit, ab und zu begleitet von Speich fluss, ist eine sehr häufige, aber meist schnell vorübergehende Ersch

nung. Erbrechen wird im Allgemeinen nicht häufig beobachtet. In den schweren Fällen erfolgen bei vollkommener Bewusstlosigkeit unwillkürliche Stuhlentleerungen.

Urin. Die Untersuchung des Urins konnte in Graudenz nur in wenigen Fällen vorgenommen werden. Sie wurde besonders auf Anwesenheit von Zucker und Eiweiss gerichtet. Der Befund war in allen Fällen ein negativer in Bezug auf Zucker und nur in dem Kahlert'schen Falle (cf. Krankengeschichte) positiv in Bezug auf Eiweiss. Um die in dieser Beziehung gebliebene Lücke auszufüllen, benutzte Stabsarzt Schultze eine ihm gebotene Gelegenheit auf die Urinuntersuchung bei Minenkranken zurückzukommen.

Am 19. Aug. 1874 wurde während einer kleinen Mineurübung auf dem Uebungsplatze des Garde-Pionier-Bataillons in der Hasenhaide ein Quetscher gezündet. Als nach einiger Zeit das Verdämmungsmaterial herausgeholt wurde, kam eine Reihe von Erkrankungen zur Beobachtung. In drei Fällen war Bewusstlosigkeit vorhanden, einer dieser drei Kranken hatte Convulsionen.

Nachdem die Kranken zu sich gekommen waren, wurde ihr Urin aufgefangen. Es war seit dem Beginn der Erkrankung und der Entnahme des Urins eine halbe Stunde vergangen. Der Urin enthielt bei Pionier E. Spuren von Zucker, nachgewiesen bei Zusatz von Kalilösung und Cupr. sulphuric. durch die beim Erhitzen eintretende gelbe Färbung, sowie von Eiweiss; bei Pionier O. fanden sich noch deutlicher Zucker und Eiweiss; bei Pionier J. sehr deutlich Zucker, jedoch kein Eiweiss.

Es scheint danach als ob die Zuckerausscheidung in schweren Fällen doch häufiger wäre, als bei Graudenz angenommen wurde. Die Eiweissausscheidung wird durch die vorstehenden Untersuchungen von Neuem bestätigt. Ebenso wie unwillkürliche Kothentleerungen, erfolgen bei den Fällen tiefer Bewusstlosigkeit unwillkürliche Harnentleerungen.

### f. Verlauf und Ausgänge der Minenkrankheit.

Die bisher geltende Ansicht von der absoluten Gefahrlosigkeit der Minenkrankheit ist durch die letzte Graudenzer Uebung leider in überzeugender Weise widerlegt worden. Es kommt eben nur darauf an, wie concentrirt die schädlichen Pulvergase und wie lange sie auf den Organismus einwirken. Dass selbst noch nach 24 Stunden der Tod als Ausgang der Minenkrankheit eintreten kann, zeigt der Fall von Kahlert. Wer überhaupt das erschreckende Bild eines schweren Minenkranken mit vollständiger Bewusstlosigkeit und mit ausgebildetem Tetanus, unregelmässiger und manchmal fast minutenlang aussetzender Respiration

vor sich gesehen hat, dem wird die Möglichkeit eines tödtlichen Ausganges bei diesen schweren Formen nicht allzufern liegen. Einige später zu erwähnende Experimente an Thieren werden zeigen, wie schnell und energisch die Minengase das thierische Leben zu vernichten im Stande sind. Dass tödtliche Fälle bei Mineurübungen so unverhältnissmässig selten sind, liegt einfach darin, dass man es vermied, sich in concentrirte Minengase zu begeben und dass die Erkrankten sofort der schädlichen Einwirkung entzogen werden konnten.

Lässt sich letztere Bedingung erfüllen, dann werden tödtliche Ausgänge allerdings zu den Seltenheiten gehören.

Es ist auffallend, wie schnell im Allgemeinen bei der Minenkrankheit eine Besserung und Wiederherstellung erfolgt. Die letzten Uebungen bei Graudenz geben vielfach Gelegenheit dies zu beobachten. Selbst nach den gefahrdrohendsten Anfällen sind die Kranken meist in einigen Stunden wieder dienstfähig. Leichtere Fälle genesen in noch viel kürzerer Zeit. Nur selten bleiben Kopfschmerz, Muskelschwäche und Müdigkeit noch einen oder mehrere Tage bestehen.

## g. Obductionsbefunde.

1. Die Obduction eines bei der Catastrophe am 8. August verunglückten Pioniers ergab am 9./8. 5 Uhr Nachmittags Folgendes:

Es besteht Todtenstarre. Am oberen Theile des Rumpfes sowie an beiden Oberarmen ist die Haut gleichmässig bläulich-roth gefärbt, auch an beiden Unterschenkeln, sowie in geringerem Grade an der Innenfläche der Oberschenkel finden sich theilweise mit einander zusammenfliessende, durch Fingerdruck nicht verschwindende Todtenflecke. Aderlasswunde am linken Arm. Die Musculatur ist von braunrother Farbe. Nach dem Eröffnen der Brusthöhle entleert sich aus den Halsgefässen ein flüssiges, kein Fibringerinnsel zeigendes, dunkles Blut, welches an der Luft sich schnell heller färbt und dann einen deutlichen Stich in's Violette erkennen lässt. Etwa 100 Gramm wurden zu besonderer Untersuchung, Bestimmung des Gasgehaltes, aufgefangen. Im Pericardium etwa 1 Esslöffel klarer, gelblicher Flüssigkeit. Die Wände des Pericardiums überall glatt. Auf der dem Zwerchfell zugekehrten Wand desselben befinden sich drei Stecknadelkopfgrosse, rothe, durch Blutaustritt bedingte Flecke (Ekchymosen). Herz von normaler Grösse, im rechten Vorhof sowie in rechter Kammer dünnflüssiges Blut ohne jede Gerinnselbildung, in geringer Menge im linken Vorhof; linke Kammer leer; Wandungen der Ventrikel von normaler Dicke, Klappen normal; Herzmusculatur von rothbrauner Farbe. Pleurahöhlen beide leer. Linke Lunge im oberen Theile etwas durch leicht trennbare, zarte Bindegewebsstränge mit der Rippenpleura verwachsen. Auf der Rippenpleura linkerseits ein kleiner hanfkorngrosser Blutaustritt. Die linke Lunge ist von hellrother Farbe, überall lufthaltig. An [der] Spitze eine etwa groschengrosse narbig eingezogene Stelle von schiefe[rgrau]er Färbung und harter Beschaffenheit, welche jedoch nur 2 mm. weit in's

Gewebe der Lunge eindringt. Am hintern Theil des oberen Lappens eine äusserlich dunkelroth gefärbte, wallnussgrosse Stelle, unterhalb welcher das Lungengewebe mit unregelmässigen, dunkelrothen, durch Blutaustritt, in das Gewebe bedingten Flecken durchzogen ist. Die rechte Lunge zeigt ausser einigen kleinen narbigen Stellen an der Oberfläche des unteren Lappens keine Veränderung ihres Gewebes. Schleimhaut der Bronchien hellroth. In den Bronchien eine feinschaumige, blutig-schleimige Flüssigkeit. In Kehlkopf und Luftröhre geringe Mengen blutigen Schaums. Leber durch Fäulniss an verschiedenen Stellen grün gefärbt, bereits Luftblasen entleerend. Milzgewebe von normaler Beschaffenheit, Fäulniss-Erscheinungen zeigend. Nieren normal. Blase enthält einen Tassenkopf voll trüben Urins. An Harnröhrenmündung kein Sperma. Am Gehirn nichts Abnormes.

## 4. Aetiologie.

### a. Aufgabe.

Die Frage nach der Ursache und dem Wesen der Minenkrankheit musste vorzugsweise die Aufmerksamkeit der Commission in Anspruch nehmen. Liegt doch in der Lösung dieser Aufgabe, abgesehen von ihrem wissenschaftlichen Interesse, so zu sagen der Schlüssel für die Beantwortung der meisten übrigen bei dieser Krankheit in Betracht kommenden Fragen, besonders der Therapie und der Prophylaxe.

Der Gang, den die Untersuchung nehmen musste, war von vorn herein klar vorgezeichnet, sobald man die bisher darüber herrschenden verschiedenen Ansichten in Betracht zog.

Welches sind diese Ansichten? Josephson (1861) fasst die Minenkrankheit wissenschaftlich als eine intoxicatio hydrothionica auf, da die Symptome der Minenkrankheit mit denen der Schwefelwasserstoffvergiftung identisch seien und der Athem der Minenkranken, wenn er auch nicht nach Schwefelwasserstoff rieche, doch mit Bleipapier die Schwefelwasserstoffreaction ergebe. Der Schwefelwasserstoff müsse um so mehr als die eigentliche Krankheitsursache angesehen werden, als sich aus dem bei der Pulverexplosion gebildetem Schwefel-Kalium in der feuchten Luft durch die vorhandene Kohlensäure jenes Gas entwickele.

Rawitz (1862) schloss sich dieser Ansicht an. „Der eigentlich schädliche Factor (l. c. p. 121) in dem Gemisch der Pulvergase ist neben wahrscheinlich nur geringem Gehalt an Kohlensäure und Kohlenoxydgas, vor Allem das Schwefelwasserstoffgas.“

Eulenberg (1865) erkennt in der Minenkrankheit eine Kohlenoxyd- und Kohlensäure-Vergiftung, weil Kohlenoxyd und Kohlensäure constant und in ausreichender Menge in den gasförmigen Verbrennungsproducten des Sprengpulvers enthalten seien, während Schwefelwasserstoff

nur in höchst geringer Menge vorhanden sein könne, da es sich mit der gleichzeitig bei der Pulverexplosion auftretenden schwefligen Säure mit Wasser (durch das Verbrennen des in der Kohle vorhandenen Wasserstoffs gebildet) in Penthationsäure, Schwefel und Wasser zersetze.

2. Die Symptome der Minenkrankheit seien verschieden von den Symptomen der Schwefelwasserstoffvergiftung, identisch mit Kohlenoxydvergiftung. Die schnelle Erholung spreche namentlich für Kohlenoxydvergiftung; denn habe eine Schwefelwasserstoff-Intoxication tetanische Krämpfe hervorgerufen, so folge stets ein längeres Kranksein, welches erst nach mehreren Tagen verschwinde. Jedenfalls (p. 131) bringe ein Gehalt der Atmosphäre an 0,6% Schwefelwasserstoff beim Menschen nicht so heftige (bei dem Kohlenoxydgas beobachtete) Erscheinungen hervor; er könne höchstens zur Verschlimmerung derselben beitragen und den Eintritt der tetanischen Krämpfe begünstigen.

3. Kohlensäure habe grossen Antheil an der Minenkrankheit in den Fällen, welche mit starker Schweissbildung und einem der Trunkenheit ähnlichen Zustande verbunden seien.

Scheidemann (1866) tritt ebenfalls den Ansichten von Josephson und Rawitz entgegen, weil

1. bei verhältnissmässig geringem Schwefelwasserstoffgeruch in Gallerien nach Sprengung mit Schiesspulver (der bei der starken Einwirkung des Schwefelwasserstoffs auf die Nase nur durch eine äusserst geringe Menge desselben bedingt sein kann) eine beträchtliche Zahl von Mineuren erkrankten.

2. Die Minenerkrankungen kamen bei der Graudenzer Uebung 1862 auch in Gallerien vor, in welchen nur mit Schiessbaumwolle gesprengt war.

Da aber Schiessbaumwolle keinen Schwefel enthält, so kommt auch in den Verbrennungsproducten kein Schwefelwasserstoff vor.

3. Die Symptome der Minenkrankheit sind nicht identisch mit den Symptomen der Schwefelwasserstoffvergiftung, es zeigen sich vielmehr bei einer Vergleichung wesentliche Abweichungen. So sei bei Schwefelwasserstoffvergiftung der Kopfschmerz nicht so constant, die Erscheinungen der Magen- und Darmreizung seien viel heftiger, die Convulsionen häufiger, der Puls immer klein und schwach, die Haut stets kühl, die Genesung viel langsamer als bei der Minenkrankheit.

Scheidemann sieht dagegen die Minenkrankheit als eine Vergiftung an, deren Hauptfactor das in der eingeathmeten Luft enthaltene Kohlenoxyd sei, zu der aber auch der Reichthum an Kohlensäure, sowie die Verminderung des Sauerstoffgehaltes in den Schiesspulverminen,

wohl auch der Schwefelwassersoffgehalt der eingeathmeten Luft beitrügen. Hieraus erkläre sich die vollkommene Uebereinstimmung der Erscheinungen der Minenkrankheit mit Kohlendunstvergiftung.

Dass die Minenkrankheit gegenüber der Kohlenoxydvergiftung bisher noch nicht tödtlich abgelaufen sei, erklärt Scheidemann aus der schnellen Hülfe, die den auch meist vorher die Gefahr kennenden Mineuren sofort beim Beginn der Erkrankung zu Theil werde.

Als prädisponirendes Moment zu Erkrankungen führt Rawitz die hohe Temperatur der Atmosphäre bei gänzlicher Windstille an, weil in der letzten Zeit des Minenkrieges, wo es kälter war und starke Windströmungen herrschten, unter sonst gleichen Verhältnissen gar keine Minenkranke vorkamen.

Scheidemann konnte den Einfluss der Temperatur nicht erkennen, wohl aber sah auch er eine wesentliche Abnahme der Minenkranken im weiteren Verlaufe des Minenkrieges. Er meint, wie schon Josephson, dass diese Thatsache entweder durch eine Gewöhnung an die giftigen Gase, oder durch eine grössere Aufmerksamkeit von Seiten der Arbeiter begründet sei.

Ausserdem scheint ihm die Beschaffenheit des Bodens von erheblicher Bedeutung, da ein lockerer Sandboden die Gase leichter nach oben entweichen lasse, als ein fester Lehmboden.

Auch nehme, wie schon Rawitz betont, die Leidenschaftlichkeit und der Eifer der Leute mit der Zeit ab; sie werden ruhiger und kühlen sich ab. Mit Scheidemann stimmt im Wesentliche Poleck (1867) überein. Er war der erste, welcher auf chemischem Wege die Frage nach dem Wesen der Minenkrankheit zu lösen suchte, indem er bei Gelegenheit der Belagerungsübung bei Neisse im Jahre 1865 die durch einen Aspirator aus den Gallerien herausbeförderten Gase der chemischen Analyse unterwarf und ausserdem sich speciell zum Zweck der Analyse eine kleine, mit 30 Pfd. Pulver geladene Versuchsmine construiren liess, aus welcher er durch ein mit einem Hahne versehenes Gasrohr die Pulvergase entnehmen und analysiren konnte. Er bestimmte ausserdem die durch das Verdämmungsmaterial absorbirten Gase.

Ohne vorläufig genauer auf diese Analysen einzugehen, sollen nur die Hauptresultate, zu denen er kommt, kurz angeführt werden. Er unterscheidet im Allgemeinen zwischen den Minengasen einer ersten oder isolirten Quetschmine und jenen, welche im weiteren Verlauf eines Minenkriegs einer zusammenhängenden Kette von Explosionen ihre Entstehung verdanken.

Die Vorgänge bei der Explosion einer ersten oder isolirten Quetschmine fasst er dahin zusammen (p. 100), dass die Verbrennungs-

producte des Pulvers durch den im Explosionsheerde der Mine vorhandenen atmosphärischen Sauerstoff dahin verändert werden, dass ihr Gehalt an brennenden Gasen, an Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas, vermindert, die Kohlensäure vermehrt und dass diese zugleich mit Stickstoff zum grossen Theil von der Verdämmung und von dem umgebenden Erdreich absorbirt wird, während in den Hohlräumen derselben noch brennbare Gase zurückbleiben, welche sich nach der Gallerie hin ausbreiten und sich hier mit atmosphärischer Luft mischen. Weder die hohe Verbrennungs-Temperatur des Pulvers, noch der Luftgehalt des Explosionsheerdes begünstigen in diesem Falle die Entstehung des Schwefelwasserstoffs und der Schwefelalkalien. Im weiteren Verlauf eines Minenkriegs bilden sich jedoch neue Verhältnisse heraus. Die zunehmende Auflockerung und Zerklüftung des Bodens, die durch die Explosionen herbeigeführte zeitweise Communication zwischen den feindlichen Gallerien und durch die Trichter mit der Atmosphäre, welche allseitiges Eindringen der atmosphärischen Luft gestatten, die Fähigkeit des Bodens, Kohlensäure und Stickstoff zu absorbiren und endlich die von den Explosionen einer ersten oder von isolirten Quetschminen übrig bleibenden brennbaren Gase, welche die Entzündlichkeit der mit Luft gemengten Pulvergase der späteren Explosionen wesentlich erhöhen — alle diese Momente führen in ihrem Zusammenwirken immer mehr die vollständige Verbrennung der Pulvergase herbei. Damit werden Kohlenoxyd, Wasserstoff und Grubengas allmälig ganz aus dem Minenterrain verschwinden und als Verbrennungsproducte des Pulvers endlich nur Kohlensäure, Wasser-, Stickstoff und kohlensaures und schwefelsaures Kali auftreten. Es ist mithin nur in den ersten Stadien des Minenkrieges eine Analogie zwischen den Minengasen und dem Kohlendunst vorhanden, das Kohlenoxyd tritt dann immer mehr zurück und Kohlensäure-Vermehrung sowie Mangel an Sauerstoff sind die vorwiegenden ätiologischen Momente der späteren Erkrankungen.

Wenn man nach alledem sich nun frug, welche die Aetiologie der Minenkrankheit betreffende Punkte noch einer Untersuchung bedurften, so liessen sich etwa folgende aufstellen:

1. Der stricte Beweis, dass es sich bei den Minenkrankheiten um eine Kohlenoxydvergiftung handele, ist nicht erbracht. Er würde geführt sein, wenn man nachweisen könnte:

a) dass die durch die Analyse der Minenluft, in welcher Erkrankungen vorkamen, gefundenen Mengen von Kohlenoxydgas ausreichend sind, die bei der Minenkrankheit beobachteten Erscheinungen hervorzubringen;

b) wenn man den Beweis der Kohlenoxydvergiftung durch den Nachweis des Kohlenoxyd im Blute der Erkrankten bringen könnte.

2. Die Rolle, welche die Anwesenheit des Schwefelwasserstoffes in den Pulvergasen bei der Minenkrankheit spielt, ist durchaus nicht hinreichend aufgeklärt. Allerdings kann Minenkrankheit sicher ohne Schwefelwasserstoff vorkommen. Aber kann dieser nicht dennoch in manchen Fällen von Minenkrankheit eine wesentliche Bedeutung haben?

Ist denn wirklich ein durch die Analyse gefundener Schwefelwasserstoffgehalt der Pulvergase von 0,6% so höchst gering, wie Eulenberg meint?

3. Welche Rolle spielt endlich die Kohlensäure?

Kann sie allein Ursache von Minenkrankheit werden oder steigert sie nur die Wirkung anderer Ursachen oder kommt sie überhaupt gar nicht in Betracht?

Zur Beantwortung dieser Fragen war es zuvörderst nothwendig, noch einmal chemische Analysen der in den Gallerien enthaltenen Luftarten auszuführen.

Die Poleck'schen Analysen sind zur Entscheidung der Fragen aus vielfachen Gründen nicht ausreichend. Einmal kann es nicht genügen, zu wissen, welches ist die Zusammensetzung der Luft in den Gallerien im Allgemeinen. Wir müssen vielmehr wissen: Welches ist die Zusammensetzung der Luft, deren Einathmung die Minenkrankheit hervorbringt, wie verhält sich die Zusammensetzung dieser Luft zur Art der Erkrankung. Wir müssen also die Luft entnehmen an dem Ort und zur Zeit der Erkrankung. Poleck untersuchte indessen die Luft, welche mit Hülfe des Ventilators aus der Gallerie herausgepumpt wurde. Nun ist aber die Zusammensetzung der Luft an den verschiedenen Orten der Gallerie eine sehr verschiedene, je nach der Lage des Explosionsheerdes, nach der Aufwühlung des Erdreichs, nach der Entfernung vom Eingange und vielen andern Verhältnissen, die noch später besprochen werden sollen.

Wenn die Ventilationsröhren in den Gallerien luftdicht wären, dann erführe man wenigstens aus diesen Analysen die Zusammensetzung der Luft, welche sich am Ende der Ventilationsröhre befindet. Aber die Ventilationsröhren sind, wovon später, fern davon, luftdicht zu sein, durch eine Menge von Oeffnungen strömt, wenn der Aspirator saugt, Luft aus den verschiedenen Theilen der Gallerie in die Röhre und diese Mischung ist es, welche analysirt wurde. Der erkrankte Mensch hat aber eine ganz andere Luft geathmet.

Wenn man ferner nach geschehener Explosion die Gase dem Ventilator entnimmt, so weiss man meistens nicht, wo das Ende der Ventilator-Röhre liegt; oft ist es verschüttet oder abgequetscht. Man sieht also, dass alle diese Analysen nicht zeigen, wie die Luft beschaffen war, welche der Mineur wirklich geathmet hat, während er erkrankte.

Wenn wir aber zu einer bestimmten Zeit Luft von einer bestimmten Stelle der Gallerie entnehmen, wenn wir mit Hülfe des Plans und Minenjournals diese Zeit und diesen Ort in Zusammenhang bringen mit den Ereignissen des Minenkriegs, wenn wir wissen, ob und welche Erkrankungen zu derselben Zeit und an demselben Orte vorgekommen sind, dann lässt sich hoffen, dass die Frage nach der Aetiologie der Erkrankung in befriedigender Weise gelöst werden kann. Und diese Methode ist es, deren Verfolgung bei der letzten Uebung in Graudenz, so viel dies möglich war, angestrebt wurde.

### b) Analysen der Gase.

Die chemische Untersuchung der Minengase wurde vom Professor Finkener ausgeführt (cf. dessen Bericht Anlage 3).

Resultate der Untersuchung der gesammelten Gase.
Die Zahlen geben an Volumenprocente der trockenen Gase.

| Gas aus Kolben No. | Kohlensäure. | Kohlensäure durch Verbrennen entstanden. | Contraction. | Stickstoff. | Sauerstoff. | Schwefelwasserstoff. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IV. | 0,84 | 0,04 | — | 79,36 | 19,76 | — |
| V. | 0,16 | 0.17 | — | 79,12 | 20,54 | — |
| IX. | 2,70 | 0,01 | — | 79,43 | 17,86 | — |
| X. | 1,72<br>1,71 | 0,01 | — | 79,24 | 19,04 | — |
| VIII. | 0,07 | 0,03 | — | 79,14 | 20,75 | — |
| VI. | 0,27<br>0,27 | 0,23 | — | 79,11 | 20,39 | — |
| III. | 0,17<br>0,07*) | 0,05 | 0,06 | 79,12 | 20,66 | — |
| I. | 0,58<br>0,57*) | 0,36<br>0,37**) | 0,28 | 78,57 | 20,53 | 0,04 |
| II. | 0,23<br>0,30*) | 0,19 | 0,11 | 78,80 | 20,78 | — |
| XIII. | 0,70<br>0,70<br>0,79*) | 0,48<br>0,47 | 0,41 | 79,36 | 19,46 | — |
| XIV. | 0,26 | 0,08 | — | — | — | 0,014 |

*) Diese Zahlen geben die beobachtete Differenz zwischen dem Gas mit und dem Gas ohne Kohlensäure.

**) Diese zweite Bestimmung der durch Verbrennen entstandenen Kohlensäure ist $5^1/_3$ Monat später als die erste ausgeführt.

Bedingungen unter welchen die Luftarten in den Minen gesammmelt wurden.

| Kolben No. | Zeit der Füllung. | Ort. | Erkrankungen resp. Thierversuche. |
|---|---|---|---|
| IV. | 8. August. | Gallerie III. Ecoute F., nachdem 4 Personen 1/4 Stunde darin geathmet hatten. | |
| V. | 8. August 6 Uhr 40 Minuten Ab. | Vertheidigungsgallerie II. Meter vom Eingang. Durch den Geruch liess sich nichts Auffallendes wahrnehmen. | Catastrophe Mittags am 8. August. |
| IX. | 9. August 10 Uhr Vorm. | Angriffsgallerie IV. Länge der Gallerie 12,5 Meter. Bisher keine Ventilation. Lichter verlöschen. | |
| X. | 9. August 10 Uhr 7 Min. Vormittags. | Angriffsgallerie 14,7 Meter. Lichter brennen trübe. Ventilation seit gestern mit Unterbrechungen. 1 Stunde vor der Entnahme der Luft war der Ventilator zum Stillstand gebracht worden. | |
| X. | 9. August 12 Uhr 30 Min. Nachts. | Vertheidigungsgallerie II., 13 Meter vom Eingang aus der unteren Luftschicht. Nach Sprengung d. ersten Trichters. | |
| VI. | 12. August 4 Uhr 55 Min. Nachm. | Vertheidigungsgallerie III. vor Ort. Nach Sprengung des zweiten Trichters und Aufarbeiten der Tete. | 2 Mann nach 3/4 Stunden schwer erkrankt. Taube 15 Minuten nach Erkrankung der Leute hereingebracht, wobei 2 Leute leicht erkrankten, nach 3/4 Stunden todt herausgeholt. Luft entnommen 25 Minuten später (wobei eine leichte Erkrankung). |
| III. | 13. August 7 Uhr 15 Min. Abends. | Vertheidigungsgallerie I., etwa bei branche B., in der Mitte d. Hauptgallerie. Trichter No. III. am 12/8. gesprengt. | Kurz vorher 2 schw. Erkrankungen. |
| I. | 15. August 10 Uhr 40 Min. Vormittags. | Vertheidigungsgallerie II. aus dem Eingang. 10 Minuten nach Entladung einer Quetschmine in Ecoute m. | Luft tödtet eine Taube in 2 Minuten. Gallerie nicht befahrbar. |

| Kolben No. | Zeit der Füllung. | O r t. | Erkrankungen resp. Thierversuche. |
|---|---|---|---|
| II. | 16. August 9 Uhr 10 Min. Vormittags. | Angriffsgallerie 20, vor Ort geschöpft. Luft noch Leuchtgasartig. Ventilation mangelhaft, da die Gallerie lang und die Röhre kurz war. | Drei Erkrankungen, zwei davon schwer eine leicht, gegen 7 Uhr Morgens. |
| XII. | 16. August 10 Uhr 15. Min. Vormittags. | Angriffsgallerie 21, vor Ort geschöpft. Länge der Gallerie 26 Rahmen. Keine Ventilation. | Leichte Erkrankung nach einstündiger Arbeit. |
| XIV. | 17. August 9 Uhr 25 Min. Abends. (18. August) noch Renvoi zum Minenplan. | Vertheidigungsgallerie I., 3 Meter vom Eingang, vom Boden. Gallerie nicht befahrbar. Explosion einer Quetschmine (No. 12) von 25 Kilogramm Pulver ohne Verdämmung um 9 h. 20 m. | Am 19/8. 5 Uhr Morgens eine Erkrankung. |

### c. Resultat der Analysen im Allgemeinen.

Im Allgemeinen ergeben die Analysen Folgendes:

1. Die Kohlensäure ist, wie zu erwarten stand, in vermehrter Menge vorhanden, der niedrigste Procentsatz betrug 0,07, der höchste 2,70. Bei den vielfachen Ursachen zur Kohlensäureentwickelung in den Gallerien, Athmen der Menschen, Brennen der Lichter, Kohlensäurereichthum der Grundluft, Explosion des Pulvers, hätte man a priori eine grössere Menge derselben vermuthen sollen.

2. Auch der Kohlenoxydgehalt ist im Ganzen gering. Er beträgt 0,01—0,48 pCt. Wenn man berücksichtigt, wie das Kohlenoxyd bei der Analyse bestimmt worden ist, so sieht man leicht, dass insofern bei der quantitativen Bestimmung desselben Fehler unterlaufen können, als etwaige neben dem Kohlenoxyd vorhandene Kohlenwasserstoffverbindungen mit auf Rechnung des Kohlenoxyd gekommen sein können, danach kann also die wirklich vorhandene Menge des Kohlenoxyd in der That noch geringer, nie aber höher sein, als es die Zahlen der Tabelle ergeben.

3. Der Sauerstoff ist verringert, 20,78—17,86 pCt. In der Mehrzahl der Fälle ist jedoch die Verringerung unbeträchtlich, nur bei den Luftarten unter 20 pCt. erheblicher zu nennen.

4. Schwefelwasserstoff ist mit Sicherheit nur in 2 Kolben nachgewiesen.

Ihre volle Bedeutung erhalten aber diese gefundenen Zahlen erst, wenn man sich vergegenwärtigt, unter welchen Verhältnissen die betreffenden Luftarten gesammelt worden sind.

### d. Ist die Minenkrankheit eine Kohlensäurevergiftung?

Wenn wir es versuchen, an der Hand der gewonnenen Thatsachen, die Aetiologie der Minenkrankheit zu erforschen, so empfiehlt es sich, das Material zur Beantwortung der bereits aufgeworfenen drei Fragen zu benutzen und zwar zuerst der Frage: „welche Rolle spielt die Kohlensäure bei der Minenkrankheit?"

Die analysirten Luftarten sind in 2 Abtheilungen zu bringen:

1) in solche, in welchen Minenkrankheit nicht vorgekommen ist; hierzu gehören Kolben VIII, IX und X; Kolben IV, welcher 3 Tage vor Beginn des Minenkriegs gefüllt wurde, bleibt zunächst ausser Acht;

2) in solche, welche zur Entstehung der Minenkrankheit Veranlassung gegeben haben; hierzu gehören Kolben I, II, III, V, VI, XIII und XIV. Bei Betrachtung der Zahlen der Analysen fällt sofort als wesentlicher Unterschied in die Augen:

1) dass die Luft der ersten Kategorie bedeutend weniger Kohlenoxyd enthält als der zweiten.

Kohlenoxyd.

| 1. Kategorie. | | | 2. Kategorie. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Kolben | I. | 0,36 pCt. |
| Kolben | VIII. | 0,03 pCt. | „ | II. | 0,19 „ |
| „ | IX. | 0,01 „ | „ | III. | 0,05 „ |
| „ | X. | 0,01 „ | „ | V. | 0,17 „ |
| | | 0,05 pCt. | „ | VI. | 0,23 „ |
| | | | „ | XIII. | 0,48 „ |
| | | | „ | XIV. | 0,08 „ |
| | | | | | 1,56 pCt. |

Der Kohlenoxydgehalt der ersten Kategorie beträgt 0,01—0,03 pCt., im Mittel 0,02, der zweiten nur in zwei Fällen 0,05 und 0,08, sonst viel mehr 0,17—0,48 pCt., im Mittel 0,22.

2) Die Luft der ersten Kategorie ist gleichzeitig reicher an Kohlensäure und ärmer an Sauerstoff als die der zweiten.

Kohlensäure.

1. Kategorie.

| | | |
|---|---|---|
| Kolben | VIII. | 0,07 pCt. |
| „ | IX. | 2,70 „ |
| „ | X. | 1,72 „ |
| | Summa | 4,49 pCt. |
| | Mittel | 1,5 pCt. |

2. Kategorie.

| | | |
|---|---|---|
| Kolben | I. | 0,58 pCt. |
| „ | II. | 0,23 „ |
| „ | III. | 0,17 „ |
| „ | V. | 0,16 „ |
| „ | VI. | 0,27 „ |
| „ | XIII. | 0,70 „ |
| „ | XIV. | 0,26 „ |
| | Summa | 2,37 pCt. |
| | Mittel | 0,34 pCt. |

Sauerstoff.

1. Kategorie.

| | | |
|---|---|---|
| Kolben | VIII. | 20,75 pCt. |
| „ | IX. | 17,86 „ |
| „ | X. | 19,04 „ |
| | Summa | 57,65 „ |
| | Mittel | 19,22 pCt. |

2. Kategorie.

| | | |
|---|---|---|
| Kolben | I. | 20,53 pCt. |
| „ | II. | 20,78 „ |
| „ | III. | 20,66 „ |
| „ | V. | 20,54 „ |
| „ | VI. | 20,39 „ |
| „ | XIII. | 19,46 „ |
| | Summa | 122,36 pCt. |
| | Mittel | 20,39 pCt. |

Da nun gerade die Luft, welche weniger Kohlensäure enthielt, Erkrankungen hervorbrachte, während in der kohlensäurereicheren Luft die Erkrankungen ausblieben, so ist dadurch ganz unwiderleglich sicher gestellt, dass die Minenkrankheit entstehen kann, ohne dass die Kohlensäure dabei irgendwie in Betracht kommt.

Die grösste Menge von Kohlensäure, die gefunden wurde, war in Kolben IX enthalten, sie betrug 2,70 pCt. Dieser Kolben wurde am 9. August 10 Uhr Vormittags an der Tete der Angriffsgallerie IV gefüllt. Die Gallerie hatte eine Länge von 12,5 Metern, war bis dahin nicht ventilirt, die Lichter erloschen in derselben. Die Leute hatten in dieser Gallerie gearbeitet, ohne krank zu werden.

Gleichfalls beträchtlich ist der Kohlensäuregehalt in Kolben X, der 1,72 pCt. beträgt. Dieser Kolben wurde 7 Minuten später als Kolben IX an der Tete der Angriffsgallerie VIII gefüllt, welche eine Länge von 14,7 Meter hat. Eine Ventilation hatte in dieser Gallerie seit dem vorigen Tage nur mit Unterbrechungen, eine Stunde vor Entnahme der Luft gar nicht stattgefunden. Die Lichter brannten trübe. Auch in dieser Gallerie kamen zur Zeit der Luftentnahme Erkrankungen nicht vor.

Beide Angriffsgallerien, in denen die erwähnten Kolben gefüllt wurden, liegen gleich weit von der am 8. August gesprengten Quetschmine I in Gallerie II Branche D. Ecoute e entfernt. (cf. Plan directeur.)

Wie auffallend contrastirt mit der Luft in Kolben IX und X die Luft in Kolben I.

Dieser Kolben war am 15. August Vormittags 10 Uhr 40 Minuten am Eingang der Vertheidigungsgallerie II, 10 Minuten nach Entladung einer Quetschmine in Ecoute m. gefüllt. Auch hier war zuvor nicht ventilirt worden. Es wäre unmöglich gewesen, nur einige Minuten diese Luft ungestraft zu athmen, so furchtbar war ihre Wirkung auf den thierischen Organismus. Eine Taube, welche einige Schritt vom Eingang der Gallerie in einem Käfig aufgestellt wurde, bekam nach einer Minute bereits die heftigsten Krämpfe und war nach 2 Minuten todt. Man füllte, indem man schleunigst und bei angehaltenem Athem vorging, den Kolben I an derselben Stelle, wo der Taubenkäfig gestanden hatte. Der Kohlensäuregehalt dieses Ballons betrug nur 0,58 pCt. Ein stricterer Beweis dafür, dass die Kohlensäure nicht das Deletäre in diesem Gase war, kann wohl kaum beigebracht werden. Eine ganz andere Frage ist es nun aber, ob nicht doch unter gewissen Verhältnissen die Kohlensäureanhäufung Erkrankungen hervorbringen kann.

Kohlensäure ist an und für sich bei ausreichendem Gehalt der Athemluft an Sauerstoff ein schwaches Gift. Ueber die Grenze, bis zu welcher unter dieser Voraussetzung der Kohlensäuregehalt der Athemluft sinken kann, ohne beim Menschen das Leben zu gefährden, stimmen die Angaben noch nicht vollständig überein.

Regnault und Reiset fanden bei Versuchen an Thieren, dass dieselben bei 17—23 pCt. Kohlensäure ungestört 22—26 Stunden lebten, wenn Sauerstoff, verglichen mit der atmosphärischen Luft, in $1\frac{1}{2}$ bis 2facher Quantität in dem Gemisch enthalten war.

W. Müller (Liebig's Annalen Bd. 108, p. 311) liess Thiere in einem mit Sauerstoff und wenig Stickstoff erfüllten Raume athmen und fand nach dem Tode derselben in dem restirenden Gasgemisch 58 pCt. Kohlensäure bei 36 pCt. Sauerstoff, in einem anderen Versuche 27 pCt. Kohlensäure bei 58 pCt. Sauerstoff.

Bei gleichzeitiger Verminderung von Sauerstoff wirkt Kohlensäure weit intensiver, da Sauerstoff die Kohlensäureaustreibung aus dem Blute durch Erhöhung der Kohlensäurespannung befördert. (Herrmann Physiologie, 5. Aufl.)

Wenn man diese Thatsache festhält und wenn man an die vielen Quellen der Kohlensäure in den Gallerien denkt, so wird es a priori

nicht zu leugnen sein, dass Kohlensäure zu Erkrankungen in denselben führen kann.

Es lag hierin die Aufforderung in Graudenz, ehe es noch zu Pulverexplosionen gekommen war, zu prüfen, welche Erscheinungen eine kohlensäurereiche Minenluft hervorbringen könne. Zu dem Behufe begaben sich am 5/8. Abends 4 Versuchspersonen an die Tete der Ecoute f. der Vertheidigungsgallerie III, deren Entfernung vom Eingang circa 70 Meter beträgt. Die Luft war hier durch das Arbeiten der Leute und das Brennen der Lampen während des ganzen Tages ziemlich schlecht. Unter diesen 4 Personen befanden sich 2 Mitglieder der Commission, ein Offizier und ein Pionier. Es sollte besonders der Einfluss der verdorbenen Luft auf den Puls festgestellt werden, da nach den Versuchen von Smith die constante Wirkung einer an Kohlensäure reichen Luft in einer Verringerung der Frequenz des Pulses, sowie einer Abnahme des Blutdrucks besteht. (Smith. Air and rain London 1872.)

Um 7 Uhr 25 Minuten betrug die Pulsfrequenz ausserhalb der Gallerie nach längerem ruhigen Aufenthalt bei S. I. 92, bei S. II. 88, bei F. 84, bei P. 84. Lufttemperatur 21° C.

Alle 4 begaben sich nun vor Ort und waren um 7 Uhr 30 Minuten an der Tete. Sie kauerten sich hier, dicht gedrängt an einander, nieder. Um 7 Uhr 35 Minuten hatten sie folgende Pulsfrequenz: S. I. 92, S. II. 96, F. 84, P. 88. Temperatur der Luft an der Tete 17,6° C.

Um 7 Uhr 38 Minuten: S. I. 92, S. II. 88, F. 80, P. 76. Temperatur 18°.

Um 7 Uhr 42 Minuten: S. I. 96, S. II. 96, F. 76, P. 76. Temperatur 18°.

Um 7 Uhr 45 Minuten: S. I. 80, Puls unregelmässig, klein, S. II. ?, F. 80, P. 70. Temperatur 19°.

Um 7 Uhr 50 Minuten: S. I. Puls nicht zählbar, ausserordentlich schwach, S. II. ?, F. ?, P. 60.

Die Luft war sehr schlecht geworden, alle Versuchspersonen hatten ein gewisses Oppressionsgefühl. Es wurde ein Kolben gefüllt (Nr. IV) und man begab sich schleunigst an die Luft, besonders wegen der Pulsbeschaffenheit von S. I.

Um 7 Uhr 52 Minuten war man vor dem Eingange der Gallerie.

Um 8 Uhr 1 Minute war die Pulsfrequenz bei S. I. 92, S. II. 84, F. 84, P. 68.

Die Analyse der Luft des Kolbens (IV) hat ergeben: Kohlensäure ,84, Sauerstoff 19,76, Stickstoff 79,36. (Kohlensäure durch Verbrennung tstanden 0,04 aus kohlenstoffhaltigen brennbaren Gasen.)

Die Pulszahlen stehen mit der Beobachtung von **Smith** in Uebereinstimmung. Wäre der Versuch noch etwas länger fortgesetzt, so würde eine Ohnmacht bei S. I. sicher eingetreten sein.

Auch nach Aussagen der Ingenieur-Offiziere kommen Erkrankungen von Leuten in den Gallerien durch die schlechte Luftbeschaffenheit vor, ehe es noch zu Sprengungen gekommen ist.

Einen einzigen derartigen Fall von Erkrankung, der nicht durch Pulvergase bedingt war, hatten wir in Graudenz ganz zuletzt zu beobachten Gelegenheit. Es ist dies der letzte Fall der Tabelle. Gefreiter **Fischer** arbeitete am 19/8. fünf Stunden hindurch mit geringen Unterbrechungen in einer 18 Meter langen, etwa 2,5 Meter unter dem Erdboden verlaufenden Gallerie. Die Gallerie (projectirter Angriff gegen eine Sappe) lag entfernt von dem Minengefechtsfelde in einem nicht mit Pulvergasen durchsetzten Boden. Nach dreistündiger Arbeit erloschen die Lichter. Dennoch arbeitete der p. **Fischer** weiter. Nach der 4. Stunde merkte er Beklemmung auf der Brust, musste häufig Athem holen, blieb aber dennnch in der Gallerie, bis sein Unwohlsein ihn nach Ablauf der 5. Stunde zwang, dieselbe zu verlassen. Draussen angekommen, taumelte er, fiel um, verlor aber nie ganz das Bewusstsein. ½ Stunde später kam er zur Untersuchung. Er klagte über Kopfschmerz und Mattigkeit, Schläfrigkeit. Die Haut war gewöhnlich warm und hatte die gewöhnliche Feuchtigkeit. Puls 84, doppelschlägig, Arterie sehr weit; Respiration normal. Nach etwa 1 Stunde Erholung. Der Fall verlief analog den **Smith**'schen Beobachtungen und steht mit **Hermann**'s Schilderung der Kohlensäurewirkung in Uebereinstimmung: Brustbeklemmung, Schwindelgefühl, Kopfschmerz, Uebelkeit, Herzklopfen, dann Schläfrigkeit, Bewusstlosigkeit, Schwäche des Pulses und der Athmung, Kälte der Haut, Tod. (**Hermann**, Lehrbuch der experimentellen Toxicologie. 1874. p. 117.)

Es fehlt die Analyse der Luft, in welcher **Fischer** erkrankte, da jedoch die Lichter in derselben erloschen, so kann man sich eine ungefähre Vorstellung von ihrer Zusammensetzung machen, da nach **Smith** (l. c. p. 145) Lichter bei einem Gehalt der Luft von 2—3 pCt. Kohlensäure und 18—19 pCt. Sauerstoff verlöschen. Aehnlich verhielt sich die Luft in Kolben X, in welcher die Lichter trübe brannten: Kohlensäure 1,72 pCt., Sauerstoff 19,04 pCt. und in Ballon IX, in dessen Luft die Lichter erloschen: Kohlensäure 2,70 pCt., Sauerstoff 17,86 pCt. (Erkrankungen kamen in letzteren beiden Luftarten nicht vor.)

Rechnet man alle Fälle von Unwohlsein, welche die Arbeiter in der Erde, in Folge schlechter Luftbeschaffenheit befallen können, zur

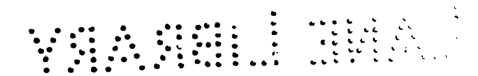
Minenkrankheit, so würde dieser Fall allerdings zeigen, dass Minenkrankheit auch durch Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffmangel eintreten kann. Aber wie verschieden ist ein solcher Fall von Erkrankung seiner ganzen Erscheinung nach von der gewöhnlichen Form der Minenkrankheit. Längeres Unwohlsein und Gefühl der Luftbeengung gehen vorher, wird frische Luft geschöpft, so tritt rasch Besserung ein, weil dadurch sofort der Kohlensäureüberschuss ausgeathmet werden kann, nie Convulsionen, sondern nur ein Ohnmacht ähnlicher Zustand. Derartige Fälle von Erkrankungen dürfen mit der eigentlichen Minenkrankheit nicht verwechselt werden. Hier treten die Erscheinungen meist viel plötzlicher auf. Der Zustand wird nicht sofort durch Athmen frischer Luft gebessert. Die Erscheinungen treten im Gegentheil in manchen Fällen erst auf, wenn der Mineur an die frische Luft kommt. Hier kann das Licht in der Gallerie gut brennen und dennoch kommen schwere Erkrankungen vor; hier sind die krampfhaften Erscheinungen sehr häufig. Alles dies sind wesentliche Unterscheidungsmerkmale.

Aus einzelnen Symptomen der Minenkrankheit, als Trunkenheit ähnlichem Zustand und starker Schweissbildung, lässt sich der Beweis, dass es sich auch bei der eigentlichen Minenkrankheit um eine Kohlensäurevergiftung handele, nicht führen.

Es wurde bereits früher erwähnt, dass Poleck die Ansicht aufgestellt hat, dass die Kohlensäure in der Aetiologie der Minenkrankheit in der letzten Zeit des Minenkrieges eine hervorragende Rolle spiele, dass nur in den ersten Stadien desselben eine Analogie zwischen den Minengasen und dem Kohlendunst vorhanden sei, dass das Kohlenoxyd dann immer mehr zurücktrete und endlich Kohlensäurevermehrung und Mangel an Sauerstoff als die vorwiegenden ätiologischen Momente der späteren Erkrankungen anzusehen seien.

Blickt man auf die folgende Tabelle, so lässt sich ein solcher Zusammenhang zwischen Kohlensäure- und Kohlenoxydgehalt der Minenluft und Zeitdauer des Minenkrieges aus den Finkener'schen Analysen in keiner Weise ersehen:

| | Kohlenoxyd. | Kohlensäure. | Kohlenoxyd. : Kohlensäure. |
|---|---|---|---|
| Kolben V. 8/8. 6 h. 40 m. pm. | 0,17 | 0,16 | 1 : 0,9 |
| „ IX. 9/8. 10 h. — am. | 0,01 | 2,70 | 1 : 2,70 |
| „ X. 9/8. 10 h. 7 m. am. | 0,01 | 1,72 | 1 : 1,72 |
| „ VIII. 9/8. 12 h. 30 m. pm. | 0,03 | 0,07 | 1 : 2,3 |



| | Kohlen-oxyd. | Kohlen-säure. | Kohlen-oxyd. : Kohlen-säure. |
|---|---|---|---|
| Kolben VI. 12/8. 4 h. 55 m. pm. . | 0,23 | 0,27 | 1 : 1,1 |
| „ III. 13/8. 7 h. 15 m. pm. . | 0,05 | 0,17 | 1 : 3,4 |
| „ I. 15/8. 10 h. 40 m. am. . | 0,36 | 0,58 | 1 : 1,6 |
| „ II. 16/8. 9 h. 10 m. am. . | 0,19 | 0,23 | 1 : 1,2 |
| „ XIII. 16/8. 10 h. 15 m. am. . | 0,48 | 0,70 | 1 : 1,5 |
| „ XIV. 18/8. 9 h. 25 m. pm. . | 0,08 | 0,26 | 1 : 3,3 |

Es muss überhaupt grosse Schwierigkeiten haben, durch die Analysen diese Annahme zu prüfen. Die Kohlensäure hat ja noch viele andere Quellen als die Explosion des Pulvers, das Kohlenoxyd wird nur durch die Explosion des Pulvers gebildet. Will man also das relative Verhältniss der Kohlensäure zum Kohlenoxydgas in den Pulvergasen finden, so musste man die aus anderen Quellen als aus dem Pulver kommende Kohlensäure ausschliessen. Aber eine selbst nur annähernde Schätzung der aus Erdboden, den Lichtflammen und aus den Körpern der Mineure, unter den wechselnden Verhältnissen des Minenkrieges stammenden Kohlensäure wird in praxi unmöglich sein.

Ein zweiter von Poleck angeführter Punct, welcher die Kohlensäure betrifft, mag hier gleichzeitig berücksichtigt worden.

Poleck fand bei seinen Untersuchungen, dass das Verdämmungsmaterial grosse Mengen von Kohlensäure absorbire. Beim Aufräumen der Verdämmung soll diese Kohlensäure entweichen, wodurch sich die gerade bei dieser Beschäftigung so häufigen Erkrankungen erklären liessen. Kommen aber beim Aufräumen des Verdämmungsmaterials die Erkrankungen wirklich häufiger vor als bei anderen Arbeiten?

Die Zusammenstellung der Graudenzer Erkrankungen mit Bezug auf die Art der Arbeit, unter welcher sie erfolgten, bestätigt diese Behauptung nicht. Es kamen hier wenigstens beim Aufräumen des Verdämmungsmaterials nur wenige Erkrankungen vor.

Erkrankungen nach Art der Arbeit.

| | |
|---|---|
| Horchen vor Ort . . . . . . . . . . . . . . | 4 |
| Aufenthalt in den Gallerien . . . . . . . . . | 4 |
| Catastrophe . . . . . . . . . . . . . . . . | 22 |
| Arbeiten im Erdreich und Ausheben von Rahmen | 24 |
| Pulverkasten stellen, Laden . . . . . . . . . | 5 |
| Aufräumen der Verdämmung . . . . . . . . . | 6 |
| Verdämmen . . . . . . . . . . . . . . . . | 2 |
| ? . . . . . . . . . . . . . . . | 14 |
| Summa | 81 |

Am häufigsten waren hiernach die Erkrankungen (von der Catastrophe abgesehen) beim Aufarbeiten des Bodens, worüber später.

e) Ist die Minenkrankheit eine Kohlenoxydvergiftung?

Auf diese Frage lässt sich nach den vorliegenden Untersuchungen eine entschieden bejahende Antwort geben. Die eigentliche Minenkrankheit ist nach allen ihren characteristischen Kennzeichen unleugbar eine Kohlenoxydvergiftung. Um dieses zu bgründen, würde zu zeigen sein, dass 1) die durch die Analyse gefundenen Mengen von Kohlenoxydgas ausreichend sind, die bei der Minenkrankheit beobachteten Erscheinungen hervorzubringen; 2) wäre der Nachweis des Kohlenoxyds im Blut der Erkrankten zu liefern.

I. Kohlenoxydgehalt der analysirten Luftproben im Verhältniss zu den Krankheitserscheinungen.

In Bezug auf die Menge des gefundenen Kohlenoxydgases gruppiren sich die Kolben folgendermassen:

| Kolben | | | pCt. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kolben | IX. | enthält | 0,01 pCt. | Kohlenoxyd, | wobei keine Erkrankungen, |
| „ | X. | „ | 0,01 „ | do. | |
| „ | VIII. | „ | 0,03 „ | do. | |
| „ | III. | „ | 0,05 „ | do. | wobei Erkrankungen vorgekommen sind. |
| „ | XIV. | „ | 0,08 „ | do. | |
| „ | V. | „ | 0,17 „ | do. | |
| „ | II. | „ | 0,19 „ | do. | |
| „ | VI. | „ | 0,23 „ | do. | |
| „ | I. | „ | 0,36 „ | do. | |
| „ | XIII. | „ | 0,48 „ | do. | |

Diese Mengen sind jedenfalls geringer als man früher geneigt war anzunehmen.

Poleck fand viel mehr Kohlenoxyd (l. c. Anlage I.)

| Analyse | | | pCt. | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Analyse | 1 | ergab | 2,98 pCt. | Kohlenoxyd. | In den aus der Versuchsmine durch den Asspirator gesammelt. Gasen. |
| „ | 2 | „ | 3,39 „ | do. | |
| „ | 3 | „ | 3,26 „ | do. | |
| „ | 4 | „ | 2,72 „ | do. | |
| „ | 5 | „ | 1,28 „ | do. | |
| „ | 6 | „ | 0,32 „ | do. | In den während des Minenkrieges gesammelten Gasen. |
| „ | 7 | „ | 0,42 „ | do. | |
| „ | 8 | „ | 5,29 „ | do. | |
| „ | 12 | „ | 0,40 „ | do. | |

Professor Finkener (cf. dessen Bericht) weist die Vermuthung ab, als habe sich in den Kolben, gleich wie Schwefelwasserstoff, auch allmälig etwas Kohlenoxyd oxydirt. Eine zweite Kohlenoxydbestimmung

in dem Gas Nr. I, 5½ Monat nach der ersten, ergab keine Aenderung in dem Kohlenoxydgehalt der Luft.

Zweifelhaft lässt es Finkener, ob die bei der Analyse von Luft X. und XI. durch Verbrennen gebildete Kohlensäure von Kohlenoxydgas herrührt, da ihre Menge im Verhältniss zu der im Gase vorhandenen Kohlensäure zu gering ist, bei Kolben X: 1 : 172, bei Kolben IX: 1 : 270. In keiner dieser beiden Luftarten kamen Erkrankungen vor.

Auch in Luft VIII. erfolgte keine Erkrankung. Der Kolben wurde am 9. August 12½ Uhr Nachts in der Vertheidigungsgallerie I., 12 Meter vom Eingang aus der untern Luftschicht gefüllt, in Entfernung von 60 Meter von dem einige Stunden zuvor gesprengten Trichter I. (cf. Plan). Bei dem Verhältniss der durch Verbrennen entstandenen und in der untersuchten Luft vorhandenen Kohlensäure von 1 : 2,3 ist es möglich, dass diese Luft Kohlenoxyd enthielt.

Kolben IV. enthielt entschieden kein Kohlenoxydgas (Verhältniss der durch Verbrennen entstandenen und in der Luft vorhandenen Kohlensäure 1 : 20), da er 3 Tage vor Beginn des Minenkrieges gefüllt war.

Für die Kolben III., V., VI. und XIV. bezeichnet es Finkener als unbedenklich zulässig, wenn es sich um Beurtheilung der Einwirkung der untersuchten Gase auf den Organismus handele, anzunehmen, dass die ganze durch Verbrennen gebildete Kohlensäure von Kohlenoxydgas herrühre. Absolut sicher ist, dass:

Kolben I. mindestens enthält 0,21 pCt. Kohlenoxyd,
„ II. „ „ 0,09 „ „
„ XIII. „ „ 0,27 „ „

Erkrankungen kamen vor in der Luft der Kolben: III., XIV., V., II., VI., I. und XIII.

Kolben III. Kohlensäure 0,17 pCt., Kohlenoxyd 0,05 pCt., Stickstoff 79,12 pCt., Sauerstoff 20,66 pCt., Schwefelwasserstoff.

Derselbe wurde am 13. August, 7 Uhr 15 Minuten Abends in Vertheidigungsgallerie I., etwa bei branche B. in der Mitte der Hauptgallerie gefüllt. Trichter III. war am 12./8. von Angriffsgallerie 3 mit 2000 Kilo Pulver mit kürzester Widerstandslinie von 7,5 Meter gegen Ecoute b. gesprengt und hatte vor ihr drei Meter zerschlagen. Am Morgen war in der ventilirten Gallerie ohne Nachtheil gearbeitet.

Pionier Schuhmacher ging 6 Uhr 15 Minuten Abends vor Ort und wurde 6 Uhr 35 Minuten bewusstlos mit kühler und bleicher Haut aus der Mitte der Gallerie herausgezogen. Den Weg bis dahin hatte er allein zurückgelegt. Er wurde durch Kopfschmerz, Ohrensausen, Erschlaffung zum Herausgehen veranlasst. Aussen kam er nach 3 Minuten zum Be-

wusstsein und wurde 7 Uhr 10 Minuten mit der Schicht weggeführt. Er musste unterstützt werden, da er noch taumelte. Zur selben Zeit arbeitete Pionier Voigt an den zerquetschten Rahmen. Nach etwa 5 Minuten empfand er zuerst Schwindel und Uebelkeit, konnte nicht Luft holen und wurde bewusstlos. Er schlug mit den Armen um sich, biss die Zähne zusammen. Ein Hintermann zog ihn an einer Leine aus dem Schurzholz. Er wurde aus der Gallerie getragen. Um 7 Uhr zeigte sich das Bewusstsein bei ihm getrübt, er gab langsam Auskunft, klagte über Kopfschmerz, Ohrensausen und war schlafsüchtig. Das Gesicht war geröthet, warm, Schweiss. Puls 120, regelmässig, 24 unregelmässige, abwechselnd tiefe und flache Athemzüge. Er ging mit der Schicht nach Hause. Füllung des Kolbens 40 Minuten nach den Erkrankungen, aber nicht vor Ort.

Kolben XIV. Kohlensäure 0,26 pCt., Kohlenoxyd 0,08 pCt., Schwefelwasserstoff 0,014 pCt.

Am 18./8. (nach Renvoi znm Minenplan 9 Uhr 20 Minuten Abends) wurde in der Teteneccoute der Gallerie I. eine Quetschmine (Nr. 12) von 25 Kilo Pulver ohne Verdämmung gesprengt. 9 Uhr 25 Minuten wurde in der nicht befahrbaren Gallerie, 3 Meter vom Eingang, der Kolben am Boden gefüllt. Am 19./8. 5 Uhr Morgens wurde 1 Mann in der Nähe des Quetschers bewusstlos. Er erholte sich rasch. (Nach Bericht.)

Kolben V. Kohlensäure 0,16 pCt., Kohlenoxyd 0,17 pCt., Stickstoff 79,12 pCt., Sauerstoff 20,54 pCt.

Am 8. August, 11 Uhr 40 Minuten Vormittags wurde in Gallerie II. Ecoute e der erste Quetscher mit 119 Kilo Pulverladung gegen Angriffsgallerie 6 abgegeben. 5 Minuten nach der Explosion wurde die Gallerie betreten. — Catastrophe 7 Todte, 15 Minenkranke (cf. Bericht des Dr. Evers). Der Kolben wurde um 6 Uhr 40 Minuten Abends nach Ventilation der Gallerie . . . Meter vom Eingange gefüllt. Eine weitere Erkrankung kam in dieser Gallerie erst am 19./8. vor, nachdem in derselben andere Minenereignisse stattgefunden hatten.

Kolben II. Kohlensäure 0,23 pCt. Kohlenoxyd 0,19 pCt. Stickstoff 78,80 pCt. Sauerstoff 20,78 pCt.

Der Kolben wurde am 16. August, 9 Uhr 10 Minuten Vormittags in Angriffsgallerie 20 vor Ort gefüllt. Die 6 Meter lange Gallerie liegt innerhalb des am 11./8. gesprengten Trichters II., in dem Erschütterungskreise des am 13./8. abgegebenen Quetschers 4 und des am 15./8. in Gallerie III. abgegebenen Quetschers Nr. 7, Bodenklasse 4.

3 Erkrankungen hatten um 7 Uhr Morgens beim Arbeiten in der Gallerie stattgefunden. Pionier Friedrich arbeitete um die angegebene

Zeit in der vor Beginn der Arbeit nicht ventilirten Gallerie vor Ort, erkrankte nach 5—6 Minuten unter Schwindel, kroch mit fremder Hülfe heraus, fiel aussen bewusstlos um, kam theilweise zu sich und wollte „auf allen Vieren" weiter kriechen. Um 9 Uhr klagte er noch über Kopfschmerz, war muskelschwach, taumelte. Das Gesicht war roth und warm, Puls 68, regelmässig, Respiration 20 regelmässig. Uebelkeit und Würgen. Am selben Nachmittage fiel er beim Exerciren ohnmächtig um.

Pionier Haase ging nach 7 Uhr in die ventilirte Gallerie, arbeitete darin ½ Stunde, als die Ventilationsröhre abbrach. Er wartete einige Zeit in der Gallerie, fiel dann daselbst zusammen, erbrach vor Ort und wurde herausgezogen. 10 Minuten später bekam er im Minenlazareth Krämpfe. Um 9 Uhr war er noch bewusstlos, weinte. Am Kinn krampfhaftes Muskelspiel, die Beugemuskeln der Oberextremitäten gespannt, Zuckungen in den Adductoren der Oberschenkel. Cornea bei Berührung unempfindlich. Die Pupillen waren von mittlerer Weite, ohne Reaction, die Bindehaut injicirt. Gesicht geröthet, jedoch kein Schweiss. Temperatur in Achselhöhe 36,4°, Puls 84, klein, regelmässig, zeitweise verschwindend, unabhängig von Muskelspannung, Respiration 32, flach, regelmässig. Unwillkürliche Stuhl- und Harnentleerung. 9 Uhr 20 Minuten sind die Zuckungen vorüber, reagirt auf starke Reize. 10 Uhr 10 Minuten bei Bewusstsein, klagt über Kopfschmerz und Schwindel.

Pionier Grabau hatte in derselben Gallerie gegen 7 Uhr ohne vorgängige Ventilation 5 Minuten gearbeitet, als er wegen Schwindel die Gallerie verliess. Um einen Kameraden aus der Gallerie zu retten, ging er zum zweiten Male hinein, wurde schwindlig, das Bewusstsein trübte sich, wurde üblig. Um 8 Uhr 40 Minuten war das Sensorium frei. Er fühlte Druck in den Schläfen, war muskelschwach, taumelte. Gesicht roth, warm, kein Schweiss. Puls 86, regelmässig, kräftig, Respiration 12, regelmässig.

Kolben VI. Kohlensäure 0,27 pCt., Kohlenoxyd 0,23 pCt., Stickstoff 79,11 pCt., Sauerstoff 20,39 pCt.

Der Kolben wurde am 12. August 4 Uhr 55 Minuten Nachmittags in Vertheidigungsgallerie III vor Ort gefüllt. Trichter II war am 11/8. von Angriffsgallerie 8 mit einer Ladung von 2000 Kilo Pulver gegen Gallerie III gesprengt und hatte ihre Tete auf 6 Meter zerschlagen. Ventilation seit dem Morgen. Beginn der Arbeit im Erdreich gegen 2½ Uhr Nachmittags. 5 Erkrankungen.

Pionier Sevin empfand nach ¾stündiger Arbeit Kopfschmerz, Schwindel und Uebelkeit und musste aus der Gallerie geführt werden, schleppte die Füsse nach. Aussen zeigte er sich verwirrt, schwer be-

sinnlich. Die Extremitäten zitterten, der Gang war taumelnd. Pupillen normal. Gesichtsfarbe gewöhnlich, Extremitäten kühl, Temperatur in Achselhöhle 37,0°, Puls 96, klein, regelmässig, Respiration 20, regelmässig. Uebelkeit, verstärkte Speichelabsonderung, Stirnkopfschmerz. Rasche Erholung.

Pionier Eckel arbeitete gleichzeitig an demselben Orte. Nach etwa ³/₄ stündiger Arbeit empfand er Kopfschmerz im Hinterkopf, schwitzte stark, es folgte Trübung, darauf Verlust des Bewusstseins. Er wurde (Gesicht zur Erde) aus der Gallerie herausgezogen. Aussen kam er nach kurzer Zeit zum Bewusstsein, die Glieder zitterten zwar, doch konnte er aufrecht stehen. Hatte starkes Herzklopfen und beschleunigtes Athmen. Erholte sich rasch. 15 Minuten nach diesen Erkrankungen, unter fortdauernder Ventilation der Gallerie, wurde eine Taube von zwei mit Lufttornistern versehenen Leuten vor Ort gestellt, Unteroffizier Bauernfreund und Singwald. Sie blieben höchstens 5 Minuten in der Gallerie, ½ Minute vor Ort, empfanden aber aussen Kopfschmerz, fühlten Müdigkeit in den Gliedern und taumelten. Bei Bauernfreund Puls 76, regelmässig, bei Singwald, dessen Gesicht anfänglich geröthet, später bleich war, Puls 96, regelmässig. Beide setzten den Dienst weiter fort. Die Taube fand Sergeant Dietel, welcher mit Lufttornister vorging, nach ³/₄ Stunden todt. Er blieb gleichfalls nicht über 5 Minuten in der Gallerie und nahm vor Ort nur den Käfig weg. Empfand jedoch aussen Kopfschmerz, taumelte, klagte über Müdigkeit. Das Gesicht war blass, Puls 84, regelmässig, blieb im Dienst, war jedoch einige Zeit apathisch.

Die Luft wurde 25 Minuten nach dem Tode der Taube vor Ort entnommen.

Kolben I. Kohlensäure 0,58 pCt., Kohlenoxyd 0,36 pCt., Stickstoff 78,57 pCt., Sauerstoff 20,53 pCt., Schwefelwasserstoff 0,04 pCt.

Am 15. August 10 Uhr 30 Minuten Vormittags wurde in Ecoute m. Gallerie II Quetschmine No. 8 mit 146 Kilo Pulverladung gesprengt. 10 Minuten nach der Explosion wurde in den Eingang der nicht ventilirten und nicht befahrbaren Gallerie eine Taube gestellt. Tod nach 2 Minuten unter Convulsionen. Luft von derselben Stelle sogleich entnommen.

Kolben XIII. Kohlensäure 0,70 pCt., Kohlenoxyd 0,48 pCt., Stickstoff 79,36 pCt., Sauerstoff 19,46 pCt.

Kolben gefüllt am 16. August 10 Uhr 15 Minuten Vormittags in Angriffsgallerie 21 vor Ort. Die 26 Rahmen (6,5 Meter) lange Gallerie liegt in dem vielfach durchschossenen Terrain des Quetschers 1 (8/8.)

des Trichters I (9/8.), des Quetschers 3 (13/8), des Quetschers 7 (15/8.) und des Quetschers 8 15/8.). In der nicht ventilirten Gallerie arbeitete Pionier Kluge eine Stunde lang, als er Schwindel fühlte und allein heraus kam. Er war bei Bewusstsein und konnte Auskunft geben, hatte jedoch starken Kopfschmerz, taumelte. Das Gesicht war kühl, bleich, schweissig. Puls 96, klein, schwach, regelmässig. Respiration 24, regelmässig. Nicht üblig. Rasche Erholung. Der Ballon wurde unmittelbar nach der Erkrankung vor der Ventilation gefüllt.

Um entscheiden zu können, ob die durch die Analyse gefundenen Mengen von Kohlenoxyd ausreichend sind, die bei den genannten Kranken beobachteten Erscheinungen hervorzubringen, ist es erforderlich, hier Einiges über die Giftigkeit des Kohlenoxyds vorauszuschicken. Bei 1 pCt. Kohlenoxyd in der Athemluft schwankt eine Taube (nach Eulenburg l. c. 32). Bei 2 pCt. allgemeine sehr heftige Convulsionen, hierauf Lage auf dem Rücken. Bei 5 pCt. krampfhaftes Inspiriren. Erzittern des Thorax und nach 2 Minuten Tod.

Ein Kaninchen hockt bei 1 pCt. nieder. Nach 18 Minuten Neigung zum Niederfallen, ungleiche und verlangsamte Respiration. Nach 45 Minuten stürzt es bei 2 pCt. auf die Seite, streckt alle Extremitäten von sich und bleibt wie leblos liegen. Vollständige Anästhesie, Kälte des ganzen Körpers, Puls nicht fühlbar. Herzschlag selten und undeutlich. 8 Inspirationen, Temperatur im Meat. auditor + 20° R. (vor dem Versuch 30° R.).

10 Minuten, nachdem Versuch unterbrochen, einige Erholung. Temperatur + 30°. Nach 15 Minuten nimmt Erholung zu. Bei einem Versuch am folgenden Tage bei 5 pCt. plötzliches Hinstürzen, Entleerung von Koth und Urin unter den heftigsten Convulsionen. Nach 4 Minuten Hervortreten der Augen bei gerötheter Conjunctiva. Nach 5 Minuten allgemeine Erstarrung und unregelmässige Respiration. Nach 8 Minuten nur 8 Respirationen bei weit geöffnetem Maule. Nach 10 Minuten Tod.

Alles dies beweist die grosse Giftigkeit des Kohlenoxydgases, aber die Mengen, um die es sich bei der Minenkrankheit handelt, sind bei Weitem geringer. Der höchste Gehalt ist in den vorliegenden Fällen 0,48 pCt.

Leider ist, wie auch Hermann hervorhebt, die untere Grenze des Procentsatzes, bei welcher noch Wirkungen durch Kohlenoxyd auftreten, für keine Thiergattung genau ermittelt. (Hermann, Lehrbuch der experiment. Toxicologie, 1874.)

A priori sollte man annehmen, dass bei der eigenthümlichen Wirkung des Kohlenoxyds auf das Blut schon ein geringer Procentsatz desselben

in der Luft, wenn diese nur andauernd eingeathmet wird, Wirkungen hervorbringen müsse.

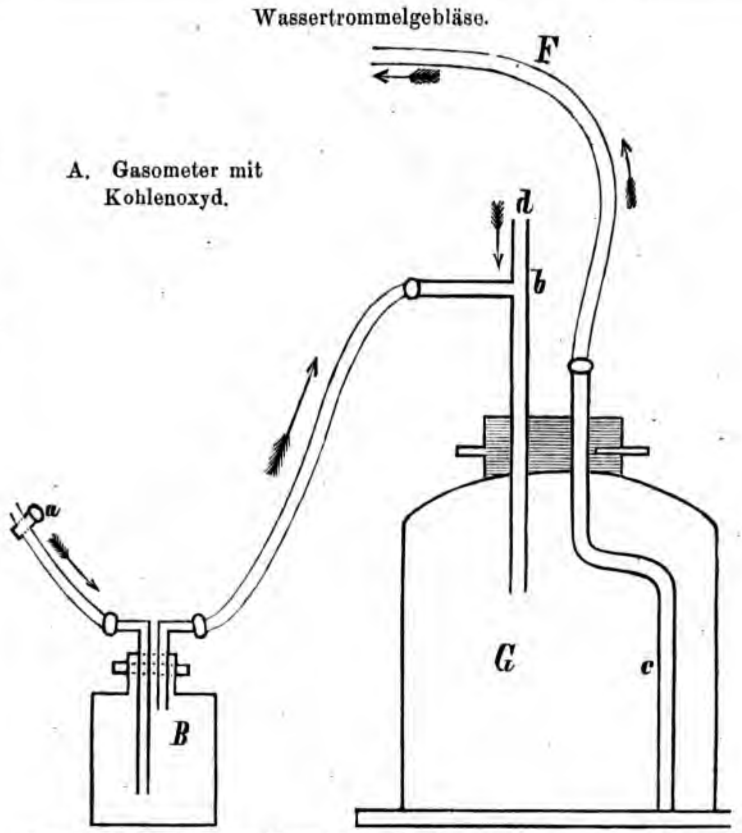
Rechnet man die Quantität der Luft, welche ein Erwachsener in 1 Stunde athmet, zu 500 Liter, nimmt man an, dass diese Luft nur 0,05 pCt. enthält, so würde, wenn die Blutkörperchen das in der Athmungsluft enthaltene Kohlenoxyd vollständig chemisch binden würden, auf diese Weise in 1 Stunde 0,25 Liter Kohlenoxyd in das Blut übertreten. Rechnet man die Blutmenge zu 5 Liter, so gäbe dies ein Verhältniss von 5 pCt. Kohlenoxyd im Blut. Da das Kohlenoxyd den Sauerstoff des Blutes Volum für Volum verdrängt, so würde durch die 5 pCt. Kohlenoxyd der 15 pCt. betragende Sauerstoffgehalt des Blutes um etwa 1/3 herabgesetzt. Man sollte vermuthen, dass eine solche Herabsetzung des Sauerstoffgehaltes Störungen hervorbringen würde.

Es ist aber auch möglich, dass eine solche Menge von Kohlenoxyd keinerlei Erscheinung hervorbringt, entweder weil bei dem geringen Partialdruck des Kohlenoxyds in solcher Luft keine Verbindung desselben mit dem Hämoglobin erfolgt, oder weil, wenn sie eingetreten ist, die Oxydationsprocesse innerhalb des Organismus zur Zerstörung dieser schädlichen Verbindung ausreichend sind, so dass es nicht zu einer solchen Anhäufung derselben im Blute kommt, welche ausreichend ist zu Vergiftungserscheinungen.

Nach alledem schien es zur Entscheidung der vorliegenden Frage nothwendig, Versuche an Thieren mit kleinen Mengen von Kohlenoxyd anzustellen. Dieselben wurden von Professor Finkener und Stabsarzt Schultze gemeinschaftlich ausgeführt. Es wurden zu diesen Versuchen Tauben verwendet.

Da es bei kleinen Mengen von Kohlenoxyd in der Luft nothwendig wurde, die Thiere längere Zeit zu beobachten, so hätte man, um den Einfluss der Athmung auf die Zusammensetzung der Luft zu vermeiden, einen sehr grossen Athmungsraum haben müssen. Statt dessen empfahl es sich, Luft mit einem bestimmten Gehalt von Kohlenoxyd durch den Raum, in dem sich das Thier befand, strömen zu lassen.

Ein mit reinem Kohlenoxyd gefüllter Gasometer (A) wurde daher mit einer kleinen Waschflasche (B) in Verbindung gebracht. Durch einen eingeschalteten Glashahn (a) sowie durch den Hahn des Gasometers konnte, wofern ausserdem die Wasserdrucksäule des Gasometers constant erhalten wurde, die Menge des in Blasen durch das Waschwasser tretenden Kohlenoxyds genau controlirt werden. Durch einen Versuch wurde die einer Anzahl von Blasen in der Minute entsprechende Menge von Kohlenoxyd ermittelt.




Aus der Waschflasche B trat das Kohlenoxyd durch die Röhre bei b in die unten durch eine Glasplatte luftdicht geschlossene Glasglocke G, in welcher sich das Versuchsthier befand. Die Röhre c, welche bis auf den Boden der Glocke (G) reichte, war mit einem Wassertrommelgebläse und der Wasserleitung verbunden. Trat dies Gebläse in Wirksamkeit, so wurde durch die Oeffnung d der Röhre atmosphärische Luft in einer vorher genau bestimmten Menge eingesogen. Bei b nahm die eintretende Luft das aus der Waschflasche kommende Kohlenoxyd auf.

Durch Einschaltung von Widerständen im Verlauf der Röhre f (z. B. einer an einem Ende fein ausgezogenen Glasröhre) konnte in einem bestimmten und jedesmal vorher genau festgestellten Grade die Menge der in einer bestimmten Zeit durchgesogenen atmosphärischen Luft verändert werden.

Vor dem Versuche wurde einige Zeit hindurch der Apparat in Gang gesetzt, bis man sicher annehmen konnte, dass der Raum der Glocke G.

mit dem bestimmten kohlenoxydhaltigen Gemisch gefüllt war und dann wurde schnell die Taube hineingebracht und die Glocke luftdicht geschlossen.

I. Versuch mit Kohlenoxyd. Es wurden eingesogen 3180 CC. atmosphärischer Luft in der Minute. Durch das Waschwasser traten in derselben Zeit 140 Blasen Kohlenoxyd à 0,098 CC. Kohlenoxyd. Also mischten sich bei 6 in der T-Röhre zu 3180 CC. Luft 13,72 CC. Kohlenoxyd. Die durchströmende Luft enthielt demnach 0,43 pCt. Kohlenoxyd, entsprach also annähernd der Luft in Kolben XIII. (0,48 pCt. CO.) Eine Taube wurde in diese Luft gebracht. 7 Uhr 22 Minuten. — 7 h. 28 m. Unruhe, häufiges Schliessen der Augen, beschleunigte Respiration. — 7 h. 39 m. Plötzliches Hinstürzen unter heftigen Krämpfen. — 7 h. 40 m. Tod.

Also Erkrankung nach etwa 6 Minuten, Tod nach 18 Minuten bei 0,43 pCt. Kohlenoxyd.

II. Versuch mit Kohlenoxyd. 3180 CC. Luft in der Minute. 120 Blasen Kohlenoxyd à 0,098 CC. = 11,76 CC. Kohlenoxyd. Also Gehalt der Luft an Kohlenoxyd = 0,37 pCt. entsprechend dem Kohlenoxydgehalt der Luft in Kolben I. (0,36 pCt.)

Taube hineingebracht 6 h. — m. — 6 h. 5 m. Unruhe. — 6 h. 10 m. Hat sich wieder beruhigt. — 6 h. 30 m. Wenig Veränderung. — 6 h. 40 m. Wird herausgenommen. Es zeigt sich nun, dass das Thier erkrankt ist, es taumelt, fällt um, überschlägt sich, erholt sich jedoch nach einigen Minuten wieder.

Also deutliche Erkrankung bei 0,37 pCt. Kohlenoxyd nach 40 Minuten.

III. Versuch mit Kohlenoxyd. 8 Liter Luft. 40 Blasen Kohlenoxyd à 0,116 CC. mithin 0,05 pCt. Kohlenoxyd.

Taube eingebracht 2 Uhr 7 Minuten, 6 Uhr herausgekommen, fliegt davon.

Also bei 0,05 pCt. Kohlenoxyd nach 4 Stunden keine Erkrankung.

IV. Versuch mit Kohlenoxyd. 0,1 pCt. Kohlenoxyd. Taube um 5 Uhr 50 Minuten ein, bis 7 Uhr keine Erkrankung.

Also bei 0,1 pCt. Kohlenoxyd keine Erkrankung innerhalb 1½ Stunden.

V. Versuch mit Kohlenoxyd. 8 Liter Luft. 120 Blasen Kohlenoxyd à 0,116 CC. Kohlenoxydgehalt = 0,15 pCt.

Taube blieb in der Glocke von 2 bis 5 Uhr ohne zu erkranken.

Also 0,15 pCt. Kohlenoxyd ohne Wirkung nach 3 Stunden.

VI. Versuch mit Kohlenoxyd. 8 Liter Luft. 160 Blasen Kohlenoxyd à 0,116 CC. Kohlenoxydgehalt = 0,2 pCt.

Taube von 12 Uhr 15 Minuten bis 3 Uhr ohne Erkrankung.

Also 0,2 pCt. Kohlenoxyd ohne Wirkung nach 3 Stunden.

VII. Versuch mit Kohlenoxyd. Durch eingefügte Spitze in Röhre f. 2000 CC. Luft. 51 Blasen Kohlenoxyd à 0,116 CC. Kohlenoxydgehalt =

0,3pCt. 6 h. — m. Taube hinein. — 6 h. 5 m. Schüttelt sich häufig, hat frequentere Respiration, wackelt hin und her, öffnet öfters den Schnabel. — 6 h. 15 m. Frequente Respiration. — 6 h. 30 m. Scheint deutlich erkrankt zu sein. Herausgenommen, bleibt sie wie betäubt sitzen, kann nicht fliegen, schwankt häufig hin und her und hat einen taumelnden Gang. Erholt sich nur langsam.

Also bei 0,3 pCt. Kohlenoxyd Erkrankung innerhalb 30 Minuten.

Aus den Thierversuchen geht hervor, dass erst ein Gehalt von 0,3 pCt. Kohlenoxyd in der Athemluft Vergiftungserscheinungen bei Tauben hervorruft. Ein geringerer Procentsatz kann beim Menschen um so weniger Krankheitserscheinungen hervorrufen. Es kann demnach die Luft in Kolben III, welche nur 0,05 pCt. Kohlenoxyd enthält, durch ihren Kohlenoxydgehalt die schweren Erkrankungen der Pioniere Voigt und Schuhmacher unmöglich bewirkt haben. Ebensowenig können die Erkrankungen von Friedrich, Haase und Grabau in einer nur 0,19 pCt. Kohlenoxyd enthaltenden Luft (Kolben II) erfolgt sein. Die Luft in Gallerie II musste zur Zeit der Catastrophe am 8/8. einen viel höheren Kohlenoxydgehalt haben als 0,17 pCt. (Kolben V), wenn durch Einwirkung dieses Gases die erfolgten 7 Todesfälle erklärt werden sollen. Die Analyse der Luftarten III, V, II und VI hat aber kein anderes schädliches Gas ergeben. Schwefelwasserstoff war in der Luft dieser Kolben nicht oder nicht in bestimmbarer Menge vorhanden.

Die näheren Umstände bei der Füllung der Kolben III., V., II., VI. lassen nun aber keinen Zweifel, dass die Luftbeschaffenheit, in welcher die genannten Erkrankungen erfolgten, von der Kolbenluft wesentlich abweichen musste.

Kolben III. wurde 40 Minuten nach den Erkrankungen der Pioniere Voigt und Schuhmacher in Gallerie I. gefüllt, die Erkrankungen erfolgten vor Ort in Ecoute b, die Füllung des Kolbens in der Mitte der Hauptgallerie etwa bei branche B. Man wagte nicht, kurze Zeit nach den schweren Erkrankungen beider Leute, selbst mit dem Lufttornister, vor Ort zu gehen. Nach dem Plane beträgt die Entfernung von b bis B 36 Meter.

Die Zeit von 40 Minuten erscheint nicht zureichend, als dass innerhalb derselben das in b aus dem Erdreich entwickelte Kohlenoxyd bereits auf 36 Meter Entfernung in die Minenluft vollständig hätte diffundirt sein können, da das specifische Gewicht der atmosphärischen Luft sich zum specifischen Gewicht des Kohlenoxyd wie 1 : 0,967 (nach v. Wrede) verhält und da die Diffusionsgeschwindigkeiten zweier Gase

den Quadratwurzeln aus ihren specifischen Gewichten umgekehrt proportional sind.

Kolben V. wurde in Gallerie II. in unbestimmter Entfernung vom Eingange 7 Stunden nach dem Unglücksfall gefüllt. Eine weitere Erkrankung kam in dieser Gallerie erst 9 Tage später vor, nachdem eine andere Explosion in derselben wirksam geworden war. Da die Catastrophe 7 Todesfälle nach sich zog, so musste das schädliche Gas in der Minenluft in einem hohen Procentsatze enthalten sein; indess hatten natürliche und künstliche Ventilation 7 Stunden lang nach der Catastrophe auf die Luft der Gallerie eingewirkt. Dazu kommt, dass die Entfernung vom Eingange der Gallerie nicht mehr angegeben werden kann, wo der Kolben gefüllt wurde. Kolben II. wurde in der 6 Meter langen Angriffsgallerie 20 zwei Stunden nach den Erkrankungen der Pioniere Friedrich, Haase und Grabau gefüllt.

Die natürliche Ventilation reichte in dieser Gallerie nicht aus den Procentgehalt des in der Luft vor Ort enthaltenen Kohlenoxyds bis zur Unschädlichkeit herabzusetzen, denn Pionier Friedrich erkrankte in der nicht ventilirten Gallerie bereits nach einer Arbeit von 5—6 Minuten. Die eingeleitete künstliche Ventilation, welche anfangs bis nahe vor Ort reichte, schützte den Pionier Haase so lange, bis sie durch Abbrechen der Ventilationsröhre unvollkommen wirkte und Haase, sowie der zu seiner Rettung herbeikommende Grabau erkrankten in kurzer Zeit in der unvollständig ventilirten Gallerie. Indess wirkte dieselbe bis zur Entnahme der Luftprobe 2 Stunden lang, wobei ein Aufarbeiten des Bodens und ein stärkeres Zuströmen von Gasen aus demselben nicht weiter stattfand. Dass beim Aufarbeiten des Bodens im Bereich kurz vorher stattgehabter Explosionen schädliche Minengase frei werden, geht aus dem Umstande hervor, dass bei dieser Arbeit, von der Catastrophe abgesehen, ebenso viele Erkrankungen vorkamen, wie bei allen übrigen Arbeiten zusammengenommen (24 : 21) und dass öfter der Aufenthalt in den Gallerien erst gefährlich wurde, als man diese Arbeit vornahm.

Pionier Buntrock erkrankte in Gallerie 13 Abends beim Aufarbeiten im Terrain des Trichters III. vom vorhergehenden Tage, als aus einem Loch im Boden stinkende Gase fuhren, Pionier Hohndorf in derselben Gallerie unter demselben Verhältniss Vormittags. Pionier Kluge erkrankte in Hauptgallerie III., Terrain desselben Trichters und an demselben Tage wie die beiden Vorgenannten, als beim Ausarbeiten der Pulverkammer unter Brausen aus einem Riss im Erdreich Gase entströmten.

Kolben VI. wurde gefüllt 1 Stunde 25 Minuten am Orte der schweren Erkrankungen von Sevin und Eckel, wo eine Taube eine

Stunde nach diesen Erkrankungen todt gefunden wurde. Beim Hineintragen und Herausholen derselben waren die damit beschäftigten Leute zwar nur leicht erkrankt, hatten sich indess auch nur flüchtig vor Ort aufgehalten. 25 Minuten nach der letzten Erkrankung (Distel) wurde die Luft entnommen. Der Kohlenoxydgehalt dieses Orts ist sonach als beträchtlich anzunehmen. Die in der Kolbenluft gefundene Menge (0,23 pCt.) kann unmöglich durch Diffusion bis zu dem genannten Werthe vermindert sein und man muss annehmen, dass das nur schwer mit der atmosphärischen Luft sich mischende Kohlenoxyd in gesonderten Schichten oder Lagen in der Luft vor Ort enthalten war und dass der Kolben in einer an Kohlenoxyd armen Schicht gefüllt wurde.

Kolben I. und XIV., welche Schwefelwasserstoff enthielten, kommen später zur Erörterung.

Die Umstände bei Füllung des Kolbens XIII. schliessen dagegen jeden Einwand aus, als ob die Luft, in welcher Pionier Kluge erkrankte, eine von der Kohlenluft abweichende Beschaffenheit haben konnte. Der Kolben wurde in der 6,5 Meter langen Angriffsgallerie 21 vor Ort, an derselben Stelle wo Kluge erkrankt war und unmittelbar nach der Erkrankung, bevor noch eine Ventilation stattgefunden hatte, gefüllt.

Die Kohlensäureanhäufung und die Sauerstoffverminderung sind in dieser Luft geringer, als in der Luft der Kolben IX. und X., welche nicht zu Erkrankungen führten, Schwefelwasserstoff wurde in dieser Luft nicht nachgewiesen, es bleibt mithin nur ihr Kohlenoxydgehalt als wirksamer Factor übrig.

Der Gehalt der Luft an Kohlenoxyd, in welcher Kluge nach 1 Stunde leicht erkrankte, betrug 0,48 pCt., seine Krankheitserscheinungen entsprechen unzweifelhaft dem ersten Stadium einer Kohlenoxydvergiftung; dahin gehören die leichte Betäubung, Kopfschmerz und Taumel, die Zunahme der Pulsfrequenz (Puls 96), die Abnahme des arteriellen Blutdrucks (Puls klein und schwach), die Steigerung der Respiration (24), dazu kommt die rasche Erholung.

Ein etwas geringerer Kohlenoxydgehalt in atmosphärischer Luft (0,43 pCt.) bewirkte im Versuch I. bei einer Taube binnen 6 Minuten eine deutliche Erkrankung, binnen 18 Minuten den Tod unter heftigen Krämpfen, erwies sich also nach 18 Minuten langer Einwirkung für eine Taube als tödtliches Gift.

Beide Vergiftungsfälle zusammengehalten, unterliegt es keinem Zweifel, dass die durch Analyse der Kolbenluft XIII. gefundene Menge an Kohlenoxyd (0,48 pCt.) zur Hervorbringung leichter Vergiftungserschei-

nungen beim Menschen nach einstündiger Einwirkung als **ausreichend** anzusehen ist.

Zwischen den **Symptomen** der Minenkrankheit und der Kohlenoxydvergiftung besteht zudem im Wesentlichen Uebereinstimmung.

Hervorzuheben sind die Erscheinungen am Gefässsystem. Bei Kohlenoxydvergiftung zeigt die Pulsfrequenz nach Traube und Pokrowsky zuerst Zunahme, dann zweite weniger beträchtliche Zunahme, dann Abnahme bis zum Tode. Der arterielle Blutdruck sinkt zuerst, steigt dann auf die Norm, sinkt einmal, steigt, sinkt. Damit übereinstimmend wurde bei den leichteren Fällen von Minenkrankheit meistens Zunahme der Pulsfrequenz und Verminderung des arteriellen Blutdruckes bemerkt, während bei den schweren Fällen (cf. Bericht von Evers) der Puls verlangsamt (55,60) und dabei zugleich hart war. In der Tabelle findet sich Pulsverlangsamung (68) bei weiter Arterie und mittlerer Spannung bei Völkerer Nr. 24 und Friedrich (Puls 68) Nr. 34 notirt, beide Erkrankungen gehörten zu den schweren.

Die Häufigkeit der Zunahme der Pulsfrequenz bei der Minenkrankheit, im Gegensatz zu der Abnahme der Pulsfrequenz bei Einwirkung der Kohlensäure, ist nicht ohne Interesse. Der **Diabetes** ist nach Kohlenoxydvergiftung (Senator: Virchows Archiv für pathalog. Anatomie XLII., 1) zwar keineswegs constant, doch nicht selten.

Friedberg fand mehrere Male bei Thieren, welche durch Einathmen von Kohlenoxyd getödtet wurden, den Harn zuckerhaltig, ebenso bei anderen, welche das Einathmen überlebten, sogar noch am folgenden Tage. (Friedberg die Vergiftung durch Kohlendunst 1866). Dr. Schultzen (bei Friedberg) fand in einem Falle von Kohlendunstvergiftung 1 pCt. Zucker im Harn, 15 Gramm pro die, bis zum 4. Tage der Krankheit. Bei den Minenkranken in Graudenz wurde diabetes nicht gefunden, jedoch nachträglich in Berlin in 3 schweren Fällen von Minenkrankheit constatirt.

Die bei Kohlenoxydvergiftung mit potrahirtem Verlauf beobachtete trübe Schwellung der Nierenrinde mit fettiger Degeneration, das Verschwinden der Querstreifung und die körnige Beschaffenheit der Muskeln wurden auch bei der Obduction des nach 24 Stunden der Minenkrankheit erlegenen Pionier Kahlert gefunden.

## II. Nachweis des Kohlenoxyds im Blute der Erkrankten.

Der überzeugende Beweis, dass es sich bei der Minenkrankheit wirklich um eine Kohlenoxydvergiftung handelt, wird durch den Nachweis des Kohlenoxyds im Blute der Erkrankten geliefert. Da bisher

derartige Untersuchungen bei Minenkranken noch nicht gemacht waren, so wurde diesmal bei Graudenz das Hauptaugenmerk darauf gerichtet.

Es musste sich vorzugsweise um die spectroscopische Untersuchung des Blutes auf Kohlenoxyd handeln, da diese Methode alle übrigen sonst bekannten an Schärfe bei Weitem übertrifft.

Von Cl. Bernard und Hoppe-Seyler wurde gleichzeitig die auffallende Farbenveränderung, welche Kohlenoxydgas im Blute hervorruft, sowie die Erscheinung, dass man nicht im Stande sei, allein durch Evacuiren oder Durchleiten von Sauerstoff diese Färbung wieder aufzuheben, entdeckt (1857). Loth. Meyer zeigte dann (1858), dass bei der Einwirkung von Kohlenoxyd auf Blut, welches Sauerstoff in loser Verbindung enthält, Sauerstoff ausgetrieben und das demselben gleiche Volumen Kohlenoxyd aufgenommen wird. 1858 veröffentlichte Hoppe-Seyler die Natronprobe als Unterscheidungsmittel Kohlenoxydhaltigen Blutes. Das optische Verhalten des Blutfarbstoffes wurde später (1860, 1861) durch Hoppe-Seyler, Valentin (1863) und Stokes (1864) geprüft. 1865 machte Hoppe-Seyler (Centralblatt 1865 Nr. 4) die eigenthümliche Veränderung des Blutroths durch Kohlenoxyd genauer bekannt und zeigte damals bekanntlich, dass:

1. Kohlenoxydhämoglobin das blaue Licht viel weniger als Sauerstoffhämoqlobin absorbirt;

2. dass die beiden Absorptionsstreifen des Sauerstoffhämoglobin näher nach der Linie D hin liegen als die des Kohlenoxydhämoglobins;

3. dass gewöhnliches sauerstoffhaltiges Blut mit einem geeigneten Reductionsmittel, z. B. Schwefelammonium, versetzt, schon nach einigen Minuten nur einen Absorptionsstreifen und zwar etwa in der Mitte zwischen D und E zeigt, dass jedoch in kohlenoxydhaltigem Blute nach dem Zusatze von Schwefelammonium die beiden Absorptionsstreifen bei D und E nicht verschwinden. (Hoppe-Seyler med. chem. Untersuchungen pag. 203.)

Die spectroscopischen Untersuchungen wurden in Graudenz in folgender Weise vorgenommen: Der Bequemlichkeit der Anwendung wegen wurde meist ein kleines (Hofmannsches) Spectroscop à vision directe zu diesen Untersuchungen bevorzugt, da ein grosser Bunsen'scher Spectralapparat, welcher ebenfalls behufs der Untersuchung mitgenommen war, nicht gut überall an Ort und Stelle mitgenommen und aufgestellt werden konnte.

Das Blut wurde in geeigneter Weise mit destillirtem Wasser verdünnt und in kleinen, 6 cm. langen und etwa 1 cm. im Durchmesser haltenden cylindrischen, mit einem eingeschliffenen Glasstöpfel zu ver-

schliessenden Gläschen (Präparatengläschen) mit dem Reductionsmittel versetzt. Die Mischung füllte das luftdicht geschlossene Gläschen vollständig an. Die Röhrchen wurden nun gleich direct vor den Spalt des Spectroscops gebracht, um die Erscheinungen bei der Reduction zu beobachten.

Zur Reduction diente Anfangs die Stokes'sche Lösung von weinsaurem Zinnoxydul-Ammoniak, später fast ausschliesslich farbloses Schwefelammonium.

Man hat dem Schwefelammonium bekanntlich den Vorwurf gemacht, dass es in Folge seines Ammoniakgehaltes sehr leicht zur Spaltung des Hämoglobin oder des Kohlenoxydhämoglobin und zur Ueberführung desselben in Hämatin führe, wodurch das Spectrum vollständig geändert wird. Darin ist jedoch kein Nachtheil zu sehen, denn 1) Hämatinbildung erfolgt viel später und viel langsamer als die Reduction und 2) ist grade ein wesentlicher Unterschied zwischen gewöhnlichem und Kohlenoxydblut darin bedingt, dass beim Kohlenoxydblut die Zerlegung in Hämatin bei Weitem schwieriger und langsamer bei Zusatz geringer Menge von Schwefelammonium erfolgt.

Eine andere Fehlerquelle soll darin liegen (Nawrochi Centralbtatt 1867 No. 12) dass sich bei Anwendung des Schwefelammoniums das sogenannte reducirte Hämatin bilden könne. Dieses reducirte Hämatin hat nun allerdings (nach der Entdeckung von Stokes 1864) zwei Absorptionsstreifen, welche mit den beiden Absorptionsstreifen des Kohlenoxydhämoglobin eine gewisse Aehnlichkeit haben und daher zu Täuschungen Veranlassung geben können, indess hat es schon Hoppe-Seyler mit starkem Zusatz von Schwefelammonium allein bei gewöhnlicher Temperatur nicht dahin bringen können, die beiden Streifen des reducirten Hämatin zu erhalten. Es muss dazu sehr viel freies Alkali vorhanden sein oder stark erhitzt werden. Das Blut zeigte immer nur das Spectrum des gewöhnlichen Hämatin, welches mit dem des Kohlenoxydhämoglobin ja gar nicht zu verwechseln ist.

In Betreff der Einwirkung des Schwefelwasserstoffs auf das Blut bemerkt Hoppe-Seyler (Centralblatt 1863 No. 28 und med. chem. Untersuchungen 1866 pag. 158): Wird Schwefelwasserstoff durch sauerstoffhaltiges Blut geleitet, so zeigt das Blut das Spectrum des sauerstofffreien Hämoglobin. (H 2 S + 0 = H 20 + S.) Ist die Blutlösung ammoniakalisch, so erfolgt keine weitere Zersetzung durch fortgesetztes Einleiten von Schwefelwasserstoff. Ist aber die Blutlösung neutral, so erscheint allmälig ein Absorptionsstreifen im Roth (zwischen C und D), welcher einem von dem Hämatin verschiedenen, wenn auch vielleicht ihm nahe-

stehenden Farbstoff zukommt. Durch noch weitere Einwirkung des Schwefelwasserstoffs wird dann auch dieser Körper zerlegt unter Abscheidung eines Albuminstoffes und Bildung eines in dünnen Schichten olivengrünen, in dickeren Schichten braunrothen Körpers von hohem Schwefelgehalt, der keinen Absorptionsstreifen liefert.

In dem Blute vergifteter Warmbluter, besonders des Menschen, ist jedoch von dem Absorptionsstreifen des oben beschriebenen hämatinartigen Farbstoffs Nichts zu sehen, geschweige denn von dem grünbraunen Endproduct der Zersetzung, weil ein solcher Grad von Intoxication mit Schwefelwasserstoff bei warmblutigen Thieren nicht denkbar ist. (Diakonon in Hoppe-Seyler. Untersuchungen.)

1. Blutuntersuchung: Blut von Kahlert (cf. dessen Krankengeschichte) am 8/8. bei Lebzeiten 4 Uhr Nachmitags durch Lancettstich am Vorderarm entnommen, erwies mit Zinnlösung die Persistenz der beiden Streifen noch nach einer Stunde — erhielt also Kohlenoxyd. —

2. Blut aus der Aderlasswunde eines bei der Katastrophe am 8/8. Verunglückten, 2 Stunden nach dem Tode entnommen, zeigt bei Zusatz des Reductionsmittels, dass beide Streifen erblassen, aber nicht verschwinden; also Kohlenoxyd.

3. Eine Taube war am 12/8. in Gallerie III. vor Ort gestellt, nachdem 15 Minuten früher daselbst 2 schwere Erkrankungen (Sevin und Eckel) vorgekommen waren. Nach 3/4 Stunden wurde sie todt herausgeholt. (cf. Kolben VI.) Das 25 Minuten später der Taube entnommene Blut enthielt Kohlenoxyd.

4. Eine Taube war am 13/8. in Gallerie III. Morgens 9 Uhr vor Ort gestellt. Pionier Johne erkrankte daselbst 9½ Uhr schwer, Unterofficier Voigt ebendort um 11 Uhr leichter (cf. Tabelle). Taube 11 Uhr 20 Minuten todt. Ihr Blut enthielt Kohlenoxyd.

5. Taube am 15/8., 10 Minuten nach Entladung einer Quetschmine in Ecoute m. Gallerie II. in den Eingang der Gallerie gestellt, verendete nach 2 Minuten unter Convulsionen (cf. Kolben I.). Blut hellroth, enthielt Kohlenoxyd.

6. Blut aus der Leiche eines bei der Katastrophe am 8/8. Mittags gestorbenen Pioniers (cf. Obduction) am 9/8., 5 Uhr Nachmittags, also 29 Stunden nach dem Tode, bei starker Fäulniss, entnommen, enthielt Kohlenoxyd.

Es wurden von dem Blute etwa 70 CC. zur Analyse der Blutgase entnommen. Durch Anwendung zweier leeren Kolben gelang es Professor Finkener (cf. dessen Bericht) die Gase ziemlich vollständig auszupumpen und ganz ohne Blut zur späteren Untersuchung aufzubewahren.

Die Analyse der Blutgase (Kolben VII.) ergab: Kohlensäure 79,12 Volumprocente, Kohlensäure durch Verbrennen entstanden (id est) Kohlenoxyd 0,36 Volumprocente, Stickstoff 5,0 Volumprocente, Wasserstoff 15,0 Volumprocente.

Hierzu bemerkt Professor Finkener: Das Wasserstoffgas beweist, dass das Blut schon in Fäulniss übergegangen war, in Blutgasen aus faulem Blut ist schon Kohlenoxyd als ermittelt angegeben, so dass dessen Gegenwart in Kolben VII. über eine Vergiftung durch Kohlenoxyd Nichts aussagen würde.

Ein am 9/8. mit Blut aus der in vorgeschrittener Fäulniss befindlichen Leiche eines Pneumonischen, welche sich in der Leichenkammer des Graudenzer Lazareths befand, angestellter Controlversuch ergab kein Kohlenoxyd.

7. Blut aus Kahlert's Leiche am 11/8., 48 Stunden nach dem Tode, bei vorgeschrittener Fäulniss der Leiche, entnommen, ergab kein Kohlenoxyd mehr.

8. Pionier Haase war am 16/8. in Gallerie 20, Morgens $7^3/_4$ Uhr, schwer unter völliger Bewusstlosigkeit und Krämpfen erkrankt. Das Blut wurde um 9 Uhr 20 Minuten entnommen, wo die Zuckungen vorüber waren und Reaction auf starke Reize eingetreten war. Die Untersuchung ergab kein Kohlenoxyd mehr.

Das negative Resultat der Untersuchung auf Kohlenoxyd im Blute aus der Leiche Kahlerts erklärt sich aus der 48 stündigen Dauer seiner Krankheit.

Die wichtige Beobachtung bei der schweren Erkrankung des Pionier Haase mit völliger Bewusstlosigkeit und Krämpfen, wo bei theilweise noch fortbestehenden Vergiftungserscheinungen, 2 Stunden nach dem Eintritt der Erkrankung das Kohlenoxyd bereits aus dem Blute verschwunden war, wird bei der Therapie der Minenkrankheit ihre Würdigung finden.

Der Nachweis des Kohlenoxyds im Blute Kahlert's in der siebenten Stunde seiner Krankheit, in der Leiche des bei der Katastrophe verunglückten Pioniers, 2 Stunden nach dem Tode mit Ausschluss von Fäulnisserscheinungen entnommen, in dem Blute der Tauben 3 und 4, welche an Orten, wo gleichzeitig schwere Erkrankungen von Mannschaften vorkamen, durch die Gase getödtet wurden, liefern den unumstösslichen Beweis, dass es sich bei der Minenkrankheit um eine Kohlenoxydvergiftung handelt.

### f. Welche Rolle spielt Schwefelwasserstoff bei der Aetiologie der Minenkrankheit?

Wir sahen bereits oben, dass die Ansichten über die Rolle des Schwefelwasserstoffs sehr getheilt sind. Während man früher die Minenkrankheiten einfach als Schwefelwasserstoff-Vergiftung auffasste, hat man weiterhin den Schwefelwasserstoff kaum noch berücksichtigt.

Es ist allerdings klar, dass für die meisten Fälle von Minenkrankheit der Schwefelwasserstoff nicht in Betracht kommen kann. Die Luft

in den Gallerien, in welchen Minenkrankheit entsteht, hat meistens nicht einmal den Geruch des Schwefelwasserstoffs, der schon in den kleinsten Mengen empfindlich auf das Geruchsorgan wirkt. Eine Luft, die 0,01 pCt. also $^1/_{10000}$ Schwefelwasserstoff enthält, ist schon ausserordentlich übelriechend.

In einem chemischen Laboratorium ist zu Zeiten der Geruch nach demselben unerträglich und dennoch hält man sich in dieser Luft Stunden lang ohne Nachtheil auf.

Es ist also unmöglich die Minenkrankheit als eine Schwefelwasserstoff-Vergiftung aufzufassen.

Nach den Analysen von Bunsen und Schischkoff beträgt der Gehalt der Pulvergase an Schwefelwasserstoff gewöhnlich 0,8 pCt. Dennoch enthalten die bis jetzt vorliegenden Analysen der Minenluft keinen Schwefelwasserstoff (cf. Poleck l. c. Tableau der Analysen) und der Geruch nach Schwefelwasserstoff lässt sich in den Minengasen nur kurze Zeit nach einer Explosion wahrnehmen.

Als Ursachen des schnellen Verschwindens des Schwefelwasserstoffs bezeichnet Finkener, abgesehen von der Verdünnung durch atmosphärische Luft, seine Zersetzung nach dem Eindringen in das benachbarte Erdreich durch vorhandenes Eisenoxydhydrat, ferner die leichte Oxydation des Schwefelkalium des Pulverrückstandes durch Sauerstoff, wodurch dasselbe als Quelle von Schwefelwasserstoff versiegt und endlich, wie er durch Versuche erwies — die Zersetzung des Schwefelwasserstoffs durch die atmosphärische Luft unter Abscheidung von Schwefel (cf. dessen Bericht.)

Bald nach Entzündung einer Quetschmine hat die Luft am Eingang der entsprechenden Gallerie einen ausserordentlich starken Geruch nach Schwefelwasserstoff. In solcher Luft wurden 2 Kolben gefüllt, XIV und I.

Kolben XIV., 5 Minuten nach Explosion einer Quetschmine von 25 Kilo Pulver ohne Verdämmung in der Tetenecoute der Gallerie I., 3 Meter vom Eingang am Boden, in dem Strome der austretenden Gase, die Gallerie war nicht befahrbar.

Die Analyse der Luft ergab: Schwefelwasserstoff 0,014 pCt., Kohlenoxyd 0,08 pCt., Kohlensäure 0,26 pCt.

8 Stunden nach der Explosion wurde ein Mann in der Nähe des Quetschers bewusstlos. Er erholte sich rasch. (Nach Bericht).

Kolben I. wurde 12 Minuten nach Explosion einer Quetschmine von 146 Kilo Pulverladung in Ecoute m. Gallerie II. am Eingang der Gallerie gefüllt. Diese Luft hatte einen derartigen Gestank nach Schwefelwasserstoff, dass die Arbeit am Ventilator am Eingange der Gallerie eingestellt werden musste.

Ein mit essigsaurem Blei durchfeuchtetes Papier färbte sich in dieser Luft sofort tief schwarz. Von einer Befahrbarkeit dieser Gallerie konnte zur Zeit keine Rede sein. Diese Luft war es, welche eine Taube in der schon erwähnten Weise in 2 Minuten tödtete. Der Kolben wurde unmittelbar nach dem Tode der Taube gefüllt. Die Analyse ergab an Schwefelwasserstoff 0,04 pCt., an Kohlenoxyd 0,36 pCt., an Kohlensäure 0,58 pCt., an Sauerstoff 20,53 pCt., an Stickstoff 78,57 pCt.

Durch Taubenexperiment II mit Kohlenoxydgas wurde oben erwiesen, dass ein Kohlenoxydgehalt von 0,36 pCt. in atmosphärischer Luft eine Taube nicht in 2 Minuten zu tödten vermag, sondern erst nach 40 Minuten ernstere Krankheitserscheinungen hervorruft. Der Gehalt der Luft in Kolben I an Kohlenoxydgas erklärte für sich allein ihre tödtliche Wirkung nicht. Ihr Gehalt an Schwefelwasserstoff erhält hierdurch eine erhöhte Bedeutung und man müsste fragen: Welche Menge von Schwefelwasserstoff war etwa erforderlich, um bei dem Kohlenoxydgehalt dieser Luft ihre beobachtete Wirkung hervorzubringen.

Diese Frage konnte wieder nur durch Thierversuche entschieden werden.

Es liegen zwar eine grosse Menge von Versuchen vor, welche die grosse Giftigkeit des Schwefelwasserstoffs beweisen, indess sind dieselben in Betreff der für die tödtliche Wirkung nothwendigen Menge dieses Gases in der Luft nicht ganz übereinstimmend.

Bei Vögeln bewirkt Schwefelwasserstoff in der Menge von 0,07 pCt. Tod nach sehr kurzer Zeit (Thénard und Dupuytren). 0,007 pCt. Schwefelwasserstoff bewirkt: Unruhe nach 1 Minute, beschwerliches Athmen nach 2 Minuten, Convulsionen nach 3 Minuten, Tod nach 4 Minuten (Faraday).

Bei Säugethieren.

0,428 pCt.: Junge Hunde starben schnell (Barker).

0,12 pCt.: Hunden tödtlich (Faraday).

1,0 pCt.: Grosses Kaninchen stirbt in 1 Minute.

0,1 pCt.: Mittelgrosses Kaninchen — Convulsionen nach 1 Minute — Tod nach 2 Minuten.

0,05 pCt.: Junges Kaninchen — Tod nach 2 Minuten.

0,05 pCt.: 5 Wochen altes Hündchen — Tod nach 1 Minute (Eulenburg, l. c. pag. 262).

Um den Einfluss kleiner Mengen von Schwefelwasserstoff zu untersuchen, wurde die oben beschriebene Versuchsanordnung, wegen der Schwierigkeit reinen wasserstofffreien Schwefelwasserstoff zu gewinnen, etwas modificirt.

Statt des Gasometers lieferte ein gewöhnlicher Schwefelwasserstoffentwicklungsapparat das Gas. Nachdem das Wasser in der Waschflasche B vollständig mit Schwefelwasserstoff gesättigt war und bei einer bestimmten Zahl von durchtretenden Blasen und einer bestimmten Menge von in d eintretender Luft die Kammer G sich vollkommen mit dem Gemisch gefüllt hatte, wurde schnell eine an beiden Enden mit Hähnen versehene Glaskugel im Verlauf des Schlauches f angebracht, mit dem Gemisch gefüllt und dann nach geschlossenen Hähnen wieder entfernt. Der Schwefelwasserstoffgehalt der in der Kugel entnommenen Luft wurde nun durch Eintretenlassen einer filtrirten Jodlösung und Bestimmendes nach dem Schütteln noch zurückgebliebenen Jods mit einer filtrirten Lösung von Natriumhyposulfit bestimmt. Auf diese Weise war es möglich, annähernd den Gehalt der Luft an Schwefelwasserstoff bei einer bestimmten Anzahl von durch das Waschwasser tretenden Blasen zu bestimmen. War der gewünschte Gehalt auf diese Weise annähernd erhalten, so wurde vor dem jedesmaligen Versuch durch Jodlösung noch einmal genau der wirkliche Gehalt an Schwefelwasserstoff festgestellt.

1. Versuch mit Schwefelwasserstoff.

Die Luft enthielt 0,01 pCt. Schwefelwasserstoff, der Geruch dieser Luft nach dem Gas war sehr deutlich.

Taube wird hineingebracht.

Es zeigten sich nach 15 Minuten keine Zeichen von Erkrankung.

Als das Thier nach 15 Minuten herausgenommen wurde, war es ganz munter.

Also 0,01 H. 2 S ohne Wirkung nach 15 Minuten.

2. Versuch 0,05 pCt. Schwefelwasserstoff.

Eine Taube blieb darin 15 Minuten hindurch gesund und zeigte auch nach der Herausnahme keine Zeichen von Erkrankung.

Also 0,05 H. 2 S ohne Wirkung nach 15 Minuten.

3. Versuch 0,1 pCt. Schwefelwasserstoff.

3 h. 41 m. Taube hinein.
3 h. 42 m. Unruhe, sehr beschwerliche Respiration, Würgen und Erbrechen von Erbsen;
3 h. 43 m. sinkt zu Boden, sehr erschwerte und beschleunigte Respiration;
3 h. 45 m. heftige Würgebewegungen, Zuckungen.
3 h. 46 m. unter heftigen Convulsionen der Tod.

Also bei 0,1 pCt. H. 2 S Tod nach 5 Minuten.

4. Versuch 0,01 pCt. Schwefelwasserstoff und 0,3 pCt. Kohlenoxyd.

Nach 8 Minuten Umstürzen unter Convulsionen. Wird sofort an die Luft gebracht und erholt sich allmälig vollständig.

Also bei 0,01 pCt. H. 2 C und 0,3 pCt. CO. sehr gefährliche Vergiftungserscheinungen nach 8 Minuten.

5. Versuch 0,1 pCt. Schwefelwasserstoff und 0,4 pCt. Kohlenoxyd.
6 h. 33 m. Beginn des Versuchs.
6 h. 34 m. Grosse Unruhe, ausserordentlich frequente Respiration.
Also bei 0,4 pCt. CO. und 0,1 pCt. H. 2S Tod nach etwa 2 Minuten.

Aus den Versuchen geht hervor, dass Schwefelwasserstoff selbst in den kleinsten Mengen, welche für sich allein auf den thierischen Organismus keine Wirkung üben (0,01 pCt.), die Giftigkeit des Kohlenoxyds bedeutend zu steigern vermag.

## 5. Therapie.

In Bezug auf die Behandlung der Minenkrankheit haben die Beobachtungen bei Graudenz nichts Neues ergeben. Die Aufgaben der Behandlung bestehen in der Ausscheidung des Kohlenoxyds aus dem Blute und in der Beseitigung der durch die Kohlenoxydeinwirkung entstandenen Folgen.

Die chemische Verbindung des Kohlenoxyds mit dem Hämoglobin, welche durch Zersetzung des Sauerstoffhämoglobin gebildet wird, da Kohlenoxyd eine grössere Verwandtschaft zum Hämoglobin hat als Sauerstoff, kann sich nach den Untersuchungen Pokrowsky's (Virchow's Archiv für pathol. Anat. Bd. 30) dadurch lösen, dass das Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrennt, welche bei der Ausathmung entfernt wird. Der Process geht unter Zufuhr von Sauerstoff mit der atmosphärischen Luft durch die Athmung vor sich. Die Ausscheidung des Kohlenoxyds aus dem Blute ist demnach von der Zufuhr frischer Luft und der Regulirung der Athmung abhängig.

Nachdem die Minenkranken durch möglichst rasche Entfernung aus den Gallerien der weiteren Einwirkung der schädlichen Gase entzogen sind, lagert man sie in einiger Entfernung von den Eingängen der Gallerien, denen die Pulvergase unmittelbar nach Explosionen noch concentrirt entströmen, am besten in freier Luft mit dem nöthigen Schutze gegen üble Witterung. Die weitere Aufgabe besteht in der Regulirung der Respiration.

In den Fällen unvollkommener Narkose, welche mit leichter Betäubung, Schwindel, Kopfschmerz, Mattigkeit auftreten und gewöhnlich von Beschleunigung der Respiration begleitet sind, genügt es, Hals und Brust beengende Kleidungsstücke zu lösen, um ausgiebige Respirationen zu ermöglichen. Unter denselben verschwinden die leichten Intoxications-

erscheinungen in der Kürze. Die Ermüdung wird durch kurzen Schlaf beseitigt, den man nicht unterbricht.

Auch leicht Erkrankte sind zu überwachen, da anscheinend nur in geringem Grade Narkotisirte plötzlich in tiefe Bewusstlosigkeit mit Krämpfen verfallen können. In den Fällen vollständiger Narkose können die Respirationsstörungen paralytischer oder spastischer Natur sein. Beide Arten verlangen eine verschiedene Hilfsleistung.

Bei der paralytischen Apnoe sucht man durch Hautreize, welche auf dem Wege des Reflexes Athembewegungen auslösen und durch künstliche Respiration die natürliche wieder hervorrufen. Doch ist von Hautreizen bei tiefer Betäubung wenig oder kein Erfolg zu sehen und es ist gerathener ohne Zeitverlust zu den künstlichen Athembewegungen nach Silvester's Methode überzugehen, welche in der Rückenlagerung des Kranken, dem Hervorziehen der Zunge, seitlicher Erhebung beider Arme und Compression der seitlichen Thoraxwände in 15maliger Abwechselung in der Minute besteht.

Minder verletzend und ausgiebiger als das Hervorziehen und Festhalten der Zunge mit Instrumenten wird bei Paralyse der Schlund- und Zungenmuskeln zur Aufrichtung des Kehldeckels der Little-Heiberg'sche Handgriff wirken. Heiberg beschreibt denselben folgendermassen (Berl. klin. Wochenschr. 74). Man steht am besten hinter dem liegenden Patienten, setzt die beiden Daumen an die Symphyse des Unterkiefers, drückt das zweite Glied der gebogenen Zeigefinger hinter den hinteren Rand der aufsteigenden Aeste des Unterkiefers, hält somit den ganzen Knochen zwischen seinen Händen fest und zieht denselben mit Kraft direct nach vorn. Es gelingt am besten, wenn man sich vorstellt, dass man durch diesen Griff den ganzen Kopf und Körper in die Höhe heben wollte. Der Kopf des Unterkiefers gleitet neben dem Tuberkulum mit einem fühlbaren Ruck hervor, der ganze Unterkiefer ist nach vorn geglitten, die untere Zahnreihe steht vor der oberen. Die Zunge selbst folgt dem Zuge, durch Anspannung der lig. glossoepigl. werden Epiglottis und die Arcus glossopal. nach vorne gezogen und das arcuarium öffnet sich weit (Esmarch).

Führt Silvester's Methode nicht bald zum Ziele, so ist die stärker erregende, lokalisirte Faradisation der Phrenici vermittelst eines Inductionsapparates, der zur Ausrüstung eines Minenlazareths gehört, in Anwendung zu ziehen. Ziemsen (die Electricität in den Medicin-Studien, 57, S. 49) übt folgende Technik: Der N. phren. ist am äusseren Rande des Kopfnickers vor dem M. scalen antic. oberhalb des M. Omohyoideus

zu finden. Man drücke die Electrode sanft gegen den äusseren Rand des sternocleidomast. hinein. Beide Phrenici werden gleichzeitig gereizt. Man nimmt für die Electroden grosse Schwämme, damit ausser dem Phrenicus auch alle vom Plex. cervical. und brachialis zu den respiratorischen Muskeln tretenden Zweige gereizt werden und somit eine möglichst vollständige Erweiterung des Thorax erzielt wird. Man lasse zu dem Behufe Kopf, scapula und Oberarm durch Gehülfen fixiren, damit die accessorischen Inspirationsmuskeln in den Stand gesetzt werden, zur Erweiterung des Thorax kräftig mitzuwirken. Die mit kräftigen Strömen zu bewirkende Reizung habe jedesmal die Dauer einer gewöhnlichen Inspiration, worauf die Exspiration bei geöffneter Kette abgewartet oder durch Compression des Thorax herbeigeführt wird, um darauf die Kette sofort wieder zu schliessen. Die Apnoe, welche auf einem Krampf der Inspirationsmuskeln, namentlich des Zwerchfells, beruht, ist in der Regel mit krampfhaften Contracturen der Vorderarmbeuger, der Adductoren der Oberschenkel und namentlich mit Trismus verbunden. Die Oberbauchgegend ist dabei gewölbt und hart, die Muskeln des Thorax sind hart und verdickt, das Gesicht ist cyanotisch, die bulbi treten leicht hervor. Der Krampf dauert zuweilen minutenlang. Die Faradisation der Phrenici ist selbstverständlich hierbei ausgeschlossen. Man entfernt zunächst die Kieferränder durch einen Holzkeil oder ein geeignetes Instrument von einander und versucht eine Exspiration durch seitliche Compression des Thorax und Druck gegen das Zwerchfell von der Mittelbauchgegend aus zu bewirken. Selten mit Erfolg. Der Krampf löst sich nach mehrmaliger Wiederholung entweder von selbst oder der Fall nimmt einen protrahirten Verlauf, wie er in der Krankengeschichte Kahlert's geschildert ist. Es wurde bei demselben durch Analeptica versucht, die immer mehr sinkende Kraft des Herzens zu heben, Kaffee mit Rum wurde bei bestehender Paralyse des Sphincter ani wiederholt vermittelst der Schlundsonde eingeführt, doch nur mit vorübergehendem Erfolg.

Gestützt auf glückliche Erfolge bei Thierversuchen hat W. Kühne (Centralblatt 1864, 9) die Transfusion als Heilmittel bei Kohlenoxydvergiftung empfohlen. Die Operation hatte aber, soviel bekannt, bis jetzt beim Menschen noch keinen Erfolg. Die von Friedberg (l. c. 165 pp.) zusammengestellten Fälle von Transfusion bei Kohlendunstvergiftung verliefen sämmtlich unglücklich.

Die Frage, ob die Transfusion zu versuchen sei, musste im Kahlert'schen Falle zur Erwägung kommen, nachdem Bewusstlosigkeit, Tetanus und Trismus bereits stundenlang bestanden und die spectroscopische Blutuntersuchung auch die Anwesenheit von Kohlenoxyd im Blute noch

nachwies. Die Operation wurde, wie bereits erwähnt, mit Rücksicht auf die ungünstigen Resultate in den Fällen von Kohlendunstvergiftung, bei damals noch schwebendem Streit über die Methode ihrer Ausführung und bei der Schwierigkeit, welche die anhaltenden heftigen Convulsionen ihrer Ausführung entgegensetzten, unterlassen. Mit Nachlass der Convulsionen am Abend war durch regelmässigere Athembewegungen die Aussicht auf Genesung auch ohne Operation gegeben. Wichtig wird es für spätere Versuche bei protrahirten schweren Fällen sein, die Transfusion nur dann auszuführen, wenn durch spectroscopische Untersuchung die fortdauernde Anwesenheit des Kohlenoxyds im Blute festgestellt ist, da die Beobachtung (Fall Haase Nr. 35 der Tabelle) ergeben hat, dass auch schwere Krankheitserscheinungen noch bestehen können, wenn das Kohlenoxyd bereits aus dem Körper ausgeschieden ist.

Nach den Untersuchungen Ponfick's (Virchow's Arch. Bd. 62, 3) kann in Betreff der Ausführung der Operation nur noch die Verwendung gleichartigen Blutes, ganzen oder defibrinirten, in Frage kommen, da ungleichartiges in starken Dosen tödtlich, in mittleren schädlich wirkt und seine Sauerstoffträger höchst wahrscheinlich sämmtlich zu Grunde gehen, wie die directe Beobachtung und Erscheinung der Hämoglobinurie zeigen. Ob der Transfusion ein sogenannter depletorischer Aderlass vorauszuschicken sei, ist unentschieden, da nach Worm-Müller und Ponfick das Gefässsystem sich innerhalb gewisser Grenzen höchst wahrscheinlich einer grösseren oder geringeren Blutmenge accomodiren kann, ohne dass erhebliche Druckveränderung oder abnorme Ausdehnung der Gefässwände oder überhaupt irgend ein Symptom auftreten (l. c. 283).

Nach Panum's Substitutionsversuchen, bei denen Thieren fast ihr ganzes Blut entzogen und durch gleichartiges wieder ersetzt wurde, erscheint der depletorische Aderlass wenigstens zulässig.

Wie in allen Fällen, wo es sich nicht um schwere Störungen nach starken Blutverlusten handelt, so ist auch bei der Kohlenoxydvergiftung der Werth der Transfusion selbst eigenartigen Blutes sehr zweifelhaft.

Gegen den Aderlass ohne Blutersatz sprechen die ungünstigen Erfahrungen bei der Magdeburger Uebung (Josephson l. c. 13).

Emetica per os oder hypodermatisch anzuwenden, wie dies zuweilen geschieht, ist zu widerrathen, da bei Unempfindlichkeit des Luftröhrenverschlusses Speisereste in Kehlkopf und Bronchien gerathen und Erstickung herbeiführen können.

Unter den F o l g e e r s c h e i n u n g e n der Minenkrankheit verlangen Kopfschmerz, Schwindel und Muskelschwäche, die bis zu mehreren

Tagen anhalten können, keine andere Behandlung als die durch den Zustand gebotene Schonung.

Das häufigere Vorkommen des Diabetes lässt sich mit Rücksicht auf die angeführten Berliner Beobachtungen bei schweren Intoxicationen vermuthen. Albuminurie kann gleichzeitig mit Diabetes oder ohne denselben bestehen.

Die rasche Erholung, welche selbst in schweren Fällen von Bewusstlosigkeit mit Convulsionen einzutreten pflegt, lässt annehmen, dass beide Zustände nach Ausscheidung des Kohlenoxyds sich rasch beseitigen. Indess fehlen hierüber ausreichende Beobachtungen. Bei zögernder Erholung wird eine fortgesetzte Urinuntersuchung geboten sein.

Die von der Minenkrankheit zu sondernden Fälle von Erkrankung durch Kohlensäureanhäufung und Sauerstoffmangel im Blute verlangen zu ihrer Beseitigung nur frische Luft, so lange die Respiration nicht völlig unterbrochen ist und die Anwendung der Analeptica. Bei Asphyxie werden die künstlichen Athembewegungen nach Sylvester mit Heibergs Handgriff noch günstigere Resultate ergeben, als bei der eigentlichen Minenkrankheit.

## 6. Prophylaxe.

Die Graudenzer Catastrophe, welche ausser zahlreichen Erkrankungen 7 Todesfälle herbeiführte, macht das Bedürfniss nach Schutzmitteln gegen die Minenkrankheit dringlich. Die Schwierigkeit der zu lösenden Aufgabe hat schon zu vielfachen Versuchen und Vorschlägen geführt.

Man hat vorgeschlagen, so viel als möglich durch die Wahl des Sprengmaterials die Bildung der schädlichen Gase zu verhindern oder bemühte sich dieselben nach ihrer Bildung innerhalb des durchwühlten Erdreichs und Verdämmungsmaterials oder später aus der Luft der Gallerien zu absorbiren, man versucht allgemein dieselben durch Ventilationsvorkehrungen und Apparate aus den Minen zu entfernen und bemühte sich den Mineur durch Mitgabe frischer Luft von den Minengasen unabhängig zu machen und suchte ihm Kennzeichen der herannahenden Gefahr an die Hand zu geben.

Einige dieser Mittel werden sich bei der Prüfung werthlos, andere von hohem Werth, wenn auch der Vervollkommnung bedürftig erweisen.

### 1. Wahl des Sprengmaterials.

a) Schiesspulver. L. v. Károlyi hat durch die Analysen der Verbrennungsproducte verschiedener Pulversorten (Journal für practische Chemie Bd. 90) nachgewiesen, dass die Verbrennungsproducte im We-

sentlichen nicht von der Art, wie die Verbrennung geschieht, sondern von der Zusammensetzung des Pulvers abhängen, dass namentlich dort, wo der reducirende Körper (Kohle) überwiegend ist, auch die Verbrennung des Kohlenstoffs unvollkommener vor sich geht.

Die analysirten Pulversorten bestanden (unter Zuziehung einer Bunsen-Schischkoff'schen Analyse) aus:

| | Französisches Jagdpulver (von Bunsen u. Schischkoff.) | Oesterreichisches Gewehrpulver. v. Károlyi. | Oesterreichisches Geschützpulver v. Károlyi. |
|---|---|---|---|
| Salpeter . . . . | 78,99 pCt. | 77,15 pCt. | 73,78 pCt. |
| Schwefel . . . . | 9,84 „ | 8,63 „ | 12,80 „ |
| Kohle . . . . . | 11,17 „ | 14,27 „ | 13,39 „ |

| | Jagdpulver (frei abbrennend) Bunsen u. Schischkoff. | 100 Volumen der Verbrennungsgase enthielten beim: Gewehrpulver. (in einer luftleeren Bombe explodirend.) von Károlyi. | Geschützpulver |
|---|---|---|---|
| Stickstoff. . . . | 41,12 pCt. | 35,33 pCt. | 37,58 pCt. |
| Kohlensäure . . | 52,67 „ | 48,90 „ | 42,74 „ |
| Kohlenoxyd . . | 3,88 „ | 5,18 „ | 10,19 „ |
| Wasserstoff . . | 1,21 „ | 6,90 „ | 5,93 „ |
| Schwefelwasserstoff | 0,60 „ | 0,37 „ | 0,86 „ |
| Sauerstoff . . . | 0,52 „ | — | — |
| Grubengas . . . | — | 3,02 „ | 2,70 „ |

Das an Kohle ärmere Jagdpulver lieferte mithin nur 3,88 pCt. Kohlenoxyd, während das an Kohle reichere Geschützpulver 10,19 pCt. dieses Gases bei der Verbrennung bildete.

Gestützt auf die Resultate dieser Analysen sah schon Scheidemann in der Wahl des älteren preussischen Kriegspulvers (75 pCt. Salpeter, 11,5 Schwefel, 13,5 Kohle), vor dem neueren (74 Salpeter, 10 Schwefel, 16 Kohle), als Sprengpulver ein Mittel zur Verminderung der Minenkrankheit.

Auch Professor Finkener legt bei der Wahl eines Sprengpulvers auf den Umstand Werth, dass mit dem Kohlengehalt des Pulvers die Menge des Kohlenoxyds in den Pulvergasen zunimmt. Die Differenz im Schwefelwasserstoffgehalt ist in den Gasen der oben genannten Pulversorten unerheblich.

b) Schiessbaumwolle. Schiessbaumwolle (Pyroxylin oder Nitrocellulose) durch Einwirkung von concentrirter Salpetersäure oder eines Gemisches von Salpetersäure und Schwefelsäure auf Baumwolle (Cellulose) gewonnen, wurde bei der letzten Graudenzer Uebung als Sprengmaterial in den Minen nicht verwandt.

L. v. Károlyi hat Analysen der Verbrennungsproducte von Schiessbaumwolle mitgetheilt. Das zu seinen Versuchen verwandte Präparat hatte die chemische Formel C $_{24}$, H $_{17}$ Nr. $_{5}$, O $_{38}$. Die Analysen ergaben bei der

| | Verbrennung im luftleeren Raume. | Verbrennung in luftleerer 60 pfdg. Bombe. |
|---|---|---|
| Kohlenoxyd | 28,55 | 28,95 |
| Kohlensäure | 19,11 | 20,82 |
| Grubengas | 11,17 | 7,24 |
| Stickoxyd | 8,83 | 3,16 |
| Stickstoff | 8,58 | 12,67 |
| Kohle | 1,85 | 1,82 |
| Wasser | 21,93 | 25,34 |

in 100 Volumtheilen.

Der im Vergleich zu den Pulvergasen hohe Kohlenoxydgehalt in den Verbrennungsproducten der Schiessbaumwolle entspricht der Beobachtung Scheidemann's, dass bei solchen Minen, in denen mit Schiessbaumwolle gesprengt wurde, die Minenkrankheit häufiger und heftiger auftrat, als bei Sprengungen mit Schiesspulver (l. c. 17).

Der Mangel an Schwefelwasserstoff in den Verbrennungsproducten kann bei ihrem überwiegenden Kohlenoxydgehalt nicht in Betracht kommen.

Um eine vollständige Oxydation der Schiesswolle zu Kohlensäure und Wasser zu bewirken, hat Combes Handwörterbuch der Chemie Bd. 6) vorgeschlagen 500 gr. derselben mit 400 gr. chlorsauren Kali's oder Salpeter zu mengen, deren Sauerstoff zur vollständigen Oxydation der Schiesswolle ausreicht. Der Effect dieses Gemenges würde ausserdem $5\frac{1}{2}$ mal grösser sein, als der eines gleichen Gewichts Schiesspulver.

Das weisse Schiesspulver von E. Schultze, Nitrocellulose mit chlorsaurem Baryt oder Kali, giebt aus gleichem Grunde, wie das Gemenge von Combes, der Theorie nach bei der Explosion weniger Kohlenoxyd als Schiessbaumwolle.

c) Nitroglycerin. Das Nitroglycerin $C_3 H_5 (NO_3) 3$, ein durch Einwirkung kalter concentrirter Salpetersäure auf Propenylalkohol (Glycerin) gewonnener Aether, wird von Poleck (l. c. 135) als Minensprengmaterial entweder für sich oder in Verbindung mit Schiesspulver oder Schiessbaumwolle lebhaft empfohlen. Sein Sauerstoffgehalt sei mehr als ausreichend, um bei der Explosion den Kohlenstoff in Kohlensäure und den Wasserstoff in Wasser zu verwandeln, eine Kohlenoxydbildung sei daher durchaus nicht zu erwarten. Der disponible Sauerstoff des Nitroglycerins werde ferner bei einer Mischung von gleichen Volumina Geschützpulver und Sprengöl die vollständige Verbrennung der Bestandtheile des Schiesspulvers herbeiführen, so dass bei Explosion dieser Mischung sich nur Kohlensäure und Stickstoff als Verbrennungsgase ergeben würden. Durch eine Mischung des zehnten Theils Schiesswolle, von der Zusammensetzung, wie sie von Károlyi gefunden, auf einen Theil Sprengöl, würden die Zersetzungsproducte nur in Kohlensäure, Wasser und Stickstoff bestehen. Analysen der Verbrennungsgase des Nitroglycerins und seiner Mischungen mit Geschützpulver oder Schiessbaumwolle sind indess nicht bekannt.

Das Dynamit, Infusorienerde, (Kieselsäure), welche mit Nitroglycerin gesättigt ist (100 : 30) giebt bei seinen Explosionen die gleichen Verbrennungsproducte wie Nitroglycerin.

2. Absorption der schädlichen Gase.

Das bedeutende Absorptionsvermögen der frisch geglühten Holzkohle für Gase veranlasste Dr. Herzfeld bei den Mineurübungen in Neisse zu dem Vorschlage, die schädlichen Minengase, gleichviel welcher Natur sie seien, durch Holzkohle zur Absorption zu bringen. Poleck berücksichtigte diesen Vorschlag, indem er in die Verdämmung einer zur Untersuchung der Minengase eigens eingerichteten Versuchsquetschmine eine 6 Zoll starke Holzkohlenschicht einschaltete. Die Verdämmung bestand unmittelbar vor dem Pulverkasten aus c. 3′ Rasenstücken, 3′ Luftziegeln, auf welche dann die Holzkohlenschicht folgte, hinter welcher Scheitholz, Sandsäcke und wieder Scheitholz angebracht waren, so dass der Durchmesser der gesammten Verdämmung c. 13′ betrug.

Die chemische Untersuchung der Holzkohle aus der Verdämmung ergab weder Kohlenoxyd noch Schwefelwasserstoff.

Später machte Poleck den Vorschlag, die Kohlensäure und den Schwefelwasserstoff der Pulvergase innerhalb des Verdämmungsmaterials und des die Quetschmine umgebenden Erdreichs durch leicht befeuchteten gebrannten Kalk chemisch zu binden, indem er die Pulverkammer

mit einer der Pulverladung und der durch die Explosion zu erwartenden Kohlensäure und Schwefelwasserstoffmenge entsprechenden Quantität Kalk gemengt mit Sand, auszufüllen empfahl.

Die Pulvergase, welche im Augenblick der Explosion bei der hohen Temperatur eine Verbindung mit dem Kalk nicht eingehen könnten, würden die Mischung in die Verdämmung und in das benachbarte Erdreich zerstreuen, wo sich später die chemische Verbindung der Kohlensäure mit dem Kalk und die Zersetzung des Schwefelwasserstoffs vollziehen würden.

Gegen den Vorschlag ist einzuwenden, dass Kohlensäure, auf deren Absorption Poleck das grösste Gewicht legt, bei der Minenkrankheit nicht in Betracht kommt, dass ein nicht unbeträchtlicher Theil der Pulvergase im Moment der Explosion, wo eine chemische Verbindung mit dem Kalk nicht eintritt, durch die Verdämmung nach der Gallerie entweicht, dass beim Aufräumen der Verdämmung im Ganzen wenige Erkrankungen vorkommen und dass die beim Aufarbeiten des Bodens entstehenden Fälle von Minenkrankheit nicht nachweisbar durch Schwefelwasserstoff bedingt sind.

Der Kalk wurde auch von Josephson zur Absorption des Schwefelwasserstoffs in den Gallerien empfohlen, indem man Boden und Wände der Gallerie vor der Zündung der Mine mit Kalkmilch besprengen solle. Indess schädigt die Kalkmilch bei der Enge der Gänge, welche das Anstreifen nicht vermeiden lässt, die Kleidungsstücke und steht durch Abstäuben des Kalks ein schädlicher Einfluss auf Respirationsorgane und Augen zu befürchten (Rawitz).

Der ebenfalls von Josephson zur Zersetzung des Schwefelwasserstoffs vorgeschlagene Eisenvitriol ist ohne Gegenwart von Kalk unwirksam, da Schwefeleisen nicht in Gegenwart einer Säure bestehen kann.

### 3. Respiratoren.

Die Erfolglosigkeit der Bemühungen, die ganze Menge der in einer Gallerie verbreiteten schädlichen Gase durch Absorption zu beseitigen, führte zur Construction von Respiratoren, welche die Respirationsluft des einzelnen Mineurs von den schädlichen Gasen befreien sollten.

Scheidemann wählte zur Beseitigung des Kohlenoxyds nach Versuchen an Thieren das Kupferchlorur in salzsaurer Lösung als Absorptionsmittel bei der Construction seines Respirators. Zur Absorption der salzsauren Dämpfe und gleichzeitig als Absorbens für Kohlensäure benutzte er Kalkmilch. Die Minenluft passirt in seinem Respirator zunächst eine auf Schwämme vertheilte saure Kupferchlorürlösung, durch-

zieht darauf eine mit Kalkmilch getränkte Schicht von Schwämmen und gelangt bei der Inspiration durch einen am Reservoir der Absorbentia befestigten Schlauch mit Mundstück in den Mund des Mineurs; bei der Exspiration wird diese Oeffnung mit der Zungenspitze geschlossen und durch eine zweite Oeffnung des Mundstücks wird die Exspirationsluft nach der Atmosphäre entleert. Die Nase ist durch einen Quetscher geschlossen.

Der Brauchbarkeit des Apparats steht entgegen, dass die saure Kupferchlorürlösung sich in der Luft unter Sauerstoffaufnahme rasch in basisches Kupferchlorid verwandelt, welches Kohlenoxyd nicht absorbirt,

$$Cu_2 . Cl_2 . + H_2 . 0 + 0 = 2\,Cu \begin{cases} 0\,H. \\ Cl. \end{cases}$$

Ausserdem geht die Absorption des Kohlenoxyds durch das Kupferchlorür nur langsam von Statten.

Stenhouse construirte einen Kohlenrespirator (Polytechnisches Centralblatt 1855). Derselbe besteht aus einer feinen Drahtmaske für Mund und Nase mit Doppelwand, deren Blätter ¹/₄ Zoll von einander abstehen. Der Zwischenraum ist mit frisch geglühter Kohle ausgefüllt. Die Maske liegt dem unteren Theile des Gesichts eng an.

Nach Saussure absorbirt ein Volumen frisch geglühter und bei Abschluss der Luft erkalteter Kohle bei 13° C. und 760 mm. Druck: Schwefelwasserstoff 55 Volumina, Kohlensäure 35 Volumina, Kohlenoxyd 9,42 Volumina, Sauerstoff 9,25 Volumina.

Kohlenoxyd und Schwefelwasserstoff werden demnach in einem zum Sauerstoff günstigen Verhältnisse unter genannter gleicher Temperatur und gleichem Druck durch die Kohlensäure absorbirt, allein die Absorption geht im Verhältniss zur Menge der für die Unterhaltung der Respiration erforderlichen Luft viel zu langsam vor sich, als dass der Apparat in einer mit Pulvergasen stark inficirten Minenluft von Vortheil sein könnte. Zudem sind die Bestimmungen von Saussure unter anderen Verhältnissen mit unvermischten Gasen gemacht.

Der Nutzen des Essigschwamms ist bei den Mineuren traditionell. Er könnte nur dadurch eine geringe Wirkung haben, dass er durch einige Behinderung der Athmung das Quantum der Athemluft auf ein zulässig geringes Maass reducirte, während bei unbehinderter Athmung überflüssige Respirationsluft und damit eine grössere Menge schädlicher Gase in die Lungen aufgenommen werden könnte.

### 4. Respirationsschläuche.

Respirationsschläuche sind nach Pappenheim (Handbuch der Sanitätspolizei I) in den Kohlenbergwerken Englands zur Rettung Verunglückter

aus irrespirablen und giftigen Gasarten gebräuchlich. Dieselben werden mit einer Maske an dem Kopfe des Arbeiters befestigt und reichen mit dem andern Ende bis in eine reine Luft. Ein spiralförmiger Draht im Innern erhält sie gangbar. Sie werden aus Leinewand, Leder oder Kautschuck hergestellt und müssen luftdicht sein. Am Mundende befinden sich 2 Klappen, die eine für die Inspiration, die andere für die Exspiration, welche letztere (unter Schluss der Inspirationsklappe) nach aussen stattfindet. Die Schläuche für 75—100′ brauchen nur 2 ctm. Lumen zu haben (Combes).

Es ist nicht zweifelhaft, dass solche Schläuche in den höchstens 12 Meter langen und geraden Angriffsgallerien durch die Saugbewegung der Inspiration, welche den Reibungswiderstand der Luft an den Schlauchwänden überwindet, dem Mineur genügende Zufuhr frischer Luft sichern würde und sind dieselben nach der Mittheilung eines bei den Graudenzer Uebungen anwesenden russischen Offiziers auch bei kurzen Gallerien in Russland gebräuchlich. Nach Scheidemann würden dieselben auch in den Vertheidigungsgallerien durch eine Verbindung mit dem Ventilationsrohre in der Nähe der Arbeitsstelle brauchbar sein und könnten bei einer plötzlichen Verschlechterung der Luft in einer sonst befahrbaren Gallerie, wie beim Aufarbeiten des Bodens, gute Dienste leisten. Da diese Schläuche in England und Russland eine practische Probe bestanden haben, verdienen sie Berücksichtigung, falls nicht andere brauchbarere Hülfsmittel zur Hand sind.

### 5. Luftmitnahme in Behältern.

Durch einen Luftbehälter, der mit reiner Luft gefüllt und mit einem Respirationsschlauch versehen, dem Mineur in die Gallerie mitgegeben wird, kann derselbe von der Minenluft für eine dem Luftvorrath entsprechende Zeit unabhängig gemacht werden. Zur Bestimmung des mitzugebenden Luftquantums ist von der Luftmenge auszugehen, die von einem Erwachsenen im Durchschnitt in der Minute ausgeathmet wird, 6 Liter oder 6034 CC. nach Vierordt. Das erforderliche Vielfache dieser Menge richtet sich hauptsächlich nach der Art der zu leistenden Arbeit und der Ausdehnung der Gallerie.

In Betreff der Arbeitsleistung würden in steigender Anforderung in Betracht kommen: eine blosse Revision der Gallerie, kleine Arbeiten an den Ventilationsröhren, als Verdichten der Verbindungen etc., Abnehmen und Ansetzen eines Röhrenstückes, Rettung Verunglückter, sowie endlich der volle praktische Dienst des Mineurs in der Gallerie. Grösse, Form und Gewicht des Apparates dürfen die Arbeiten nicht behindern, wobei

namentlich die Höhe und Breite des Schurzholzes in Rechnung zu ziehen sind. Der Mechanismus der Athmung aus dem Apparat darf von der natürlichen Form des Athmens nicht allzusehr abweichen und darf nur sehr wenig oder gar nicht auf Unterstützung der Hände des Arbeiters rechnen, da man sich im Schurzholz nur kriechend fortbewegen kann und die Beschäftigung mit dem Apparat andere Arbeit erschwert. Das Zuströmen der Luft muss sich der wechselnden Grösse des Athembedürfnisses leicht anpassen. Der Apparat muss eine genügende Solidität besitzen. Nur Apparate, welche comprimirte Luft enthalten, werden allen diesen Anforderungen genügen können.

Stückradt's Minen-Respirationsapparat. Bei der Uebung in Graudenz standen 2 Exemplare dieses Apparates zur Verfügung, in dessen Gebrauch die Mineure von einem mit dem Apparat völlig vertrauten Sergeanten des Garde-Pionier-Bataillons vor Beginn des Minenkrieges unterrichtet wurden.

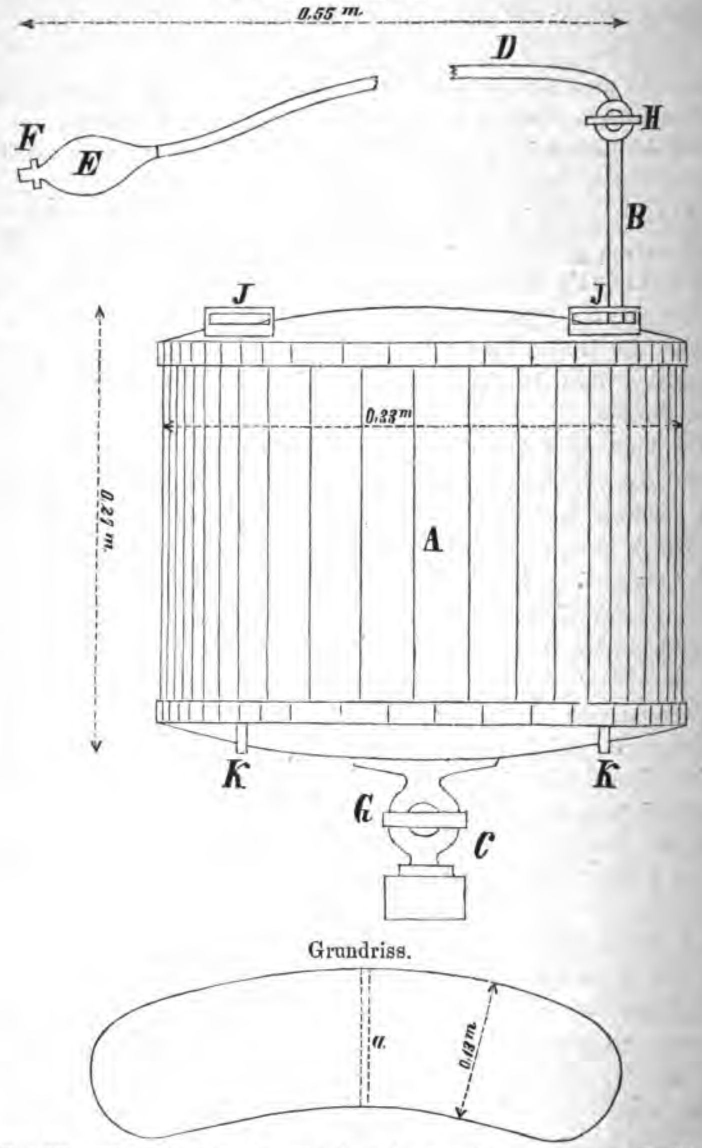
Der kubische Inhalt des Apparats beträgt 11,583 cb. cm. Mit Rücksicht auf das für einen Erwachsenen in der Minute zur Athmung erforderlichen Volumen Luft von 6034 cb. cm. würde der Inhalt bei der Füllung unter Druck einer Atmosphäre 2 Minuten ausreichen, bei Füllung mit Luft von 6 Atmosphären Druck 12 Minuten.

Die in der räumlich am meisten ausgedehnten Gallerie II vom Eingang entfernteste Ecoute konnte mit raschem Vorgehen in etwa 2½ Minuten erreicht werden, mit dem Apparat nicht gut vor 3 Minuten, da der Mechanismus eine langsame und gleichmässige Athmung zur ungestörten Function verlangt. Der Apparat ist deshalb nach seiner Construction zur Revision eines Theils einer ausgedehnten Gallerie ausreichend, lässt aber bei beschränktem Luftvorrath nur leichte Aenderungen an den Ventilationsröhren zu, kann bei der Rettung Verunglückter unter Umständen Verwendung finden, während er zur eigentlichen Minenarbeit offenbar nicht bestimmt ist.

Bei seiner Füllung entsteht durch die Verdichtung der Luft eine aussen am Tornister messbare Temperatursteigerung der Luft von 1° C. Am Cylinder der zum Apparat gehörigen Compressionspumpe ist die Temperatursteigerung merklicher. Bei den Vorübungen mit dem Apparat wurde sogleich die Unvollkommenheit des Nasenstücks bemerkt, welches sich bei primitiver Einrichtung trotz Pelzfutter unmöglich den verschiedenen Nasenformen luftdicht aufschliessen kann. Ebensowenig zeigten sich die Kautschuckplättchen zum luftdichten Verschluss bei einer Inspiration geeignet.

Beschreibung des Stückradt'schen Minen-Respirations-Apparates.

Ansicht von vorn.




Grundriss.

Der Minen-Respirations-Apparat besteht aus dem kupfernen Luftbehälter A mit dem Zuleitungsrohr B und der Oeffnung C und aus dem von Guttapercha angefertigten Zuleitungsschlauch D mit dem Windfang E nebst Mundstück F.

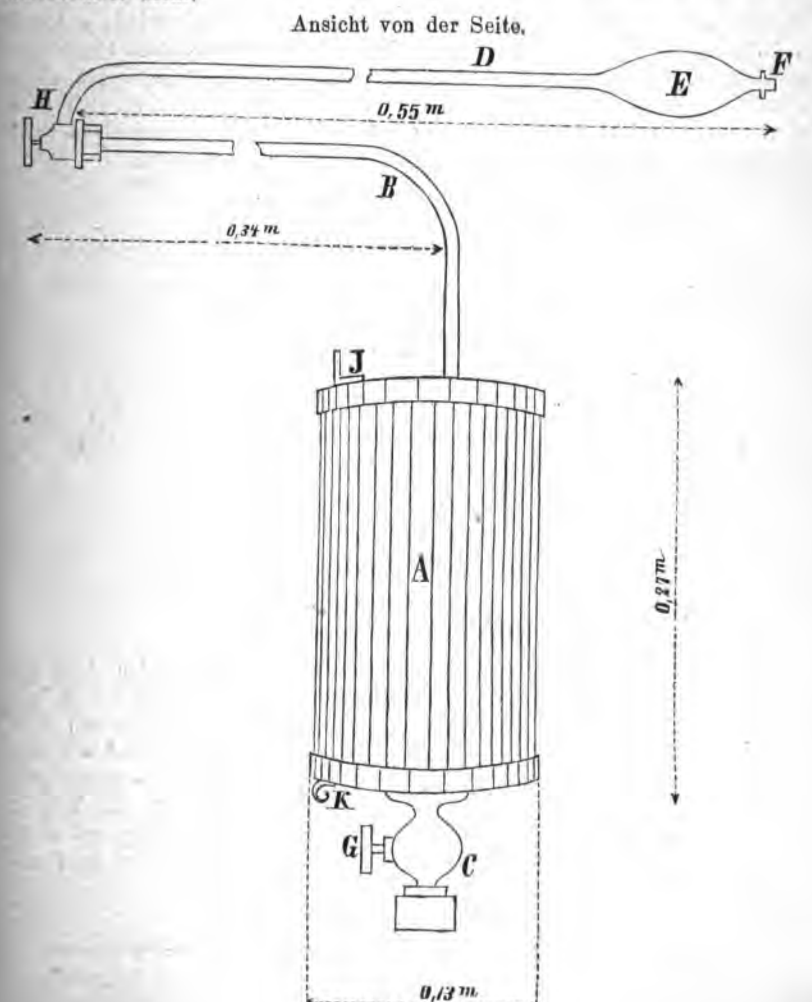
Der Luftbehälter dient dem Träger des Apparates als Luftreservoir, aus

welchem er die zum Athmen erforderliche Luft entnimmt; diese wird durch die Oeffnung C mittelst einer Compressionspumpe in den Luftbehälter eingepresst, zu welchem Zwecke der Ansatz mit einem Schraubengewinde zum Anschrauben des Apparates an eine Compressionspumpe versehen ist. Die Oeffnung wird durch einen einfachen Hahn G verschlossen.

Die Wandung des Recipienten ist 3 mm. stark und wird durch eine in der Mitte eingenietete Steife a in ihrer Form erhalten. Der Luftbehälter wird zum Gebrauch gewöhnlich mit Luft von 6 Atmosphären Spannung gefüllt und hat ein Gewicht von 11 K.

Das kupferne Zuleitungsrohr B ist durch eine Mikrometerschraube H geschlossen, welche zur feinen Regulirung des Ausströmens der Luft aus dem Luftbehälter dient.

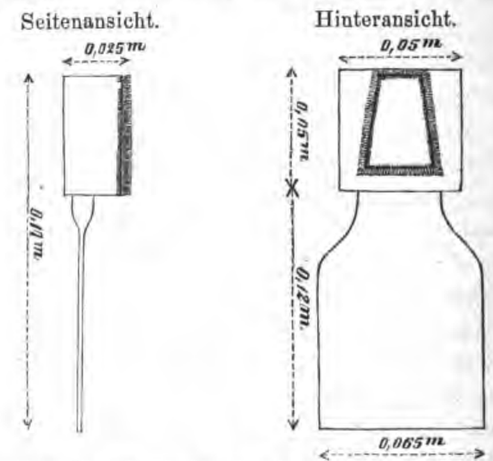
Ansicht von der Seite.



An dem kupfernen Zuleitungsrohr ist der Guttaperchaschlauch D befestigt, durch welchen die Luft aus dem Luftbehälter zunächst nach dem Windfang und aus diesem zu dem Munde des Trägers gelangt. Um Letzteren an dem Einathmen der ihn umgebenden Atmosphäre zu verhindern, ist das Mundstück F angebracht, welches zwischen Zähne und Lippen gehalten wird und so den Mund nach aussen abschliesst.

Der Apparat kann mittelst um die Schultern zu schnallender Tragriemen, für deren Befestigung bei J und K Haken etc. angebracht sind, auf dem Rücken getragen werden.

Da der Träger beim Gebrauch des Apparates durch den Mund die Luft aus dem Luftbehälter einathmet und durch die Nase ausathmet, so erhält er noch einen Nasen-Verschluss, welcher ihn an dem Einathmen schädlicher Gase durch die Nase verhindern soll. Derselbe besteht aus einem Gestell, welches mit Pelz besetzt ist, und die Nase auf allen Seiten eng umgiebt. Unter den Nasenlöchern sind 2 eng aneinander schliessende dünne Guttaperchaplättchen angebracht, welche zwar das Ausathmen durch die Nase gestatten, sich aber durch den leisesten Druck von aussen schliessen. Der Nasenverschluss wird durch Bänder, die um den Hinterkopf zu binden sind, festgehalten.




Beim Gebrauch des Apparates ist die Schraube H so zu stellen, dass ein schwacher Luftstrom ausströmt. Man kneift dann das Mundstück des Windfanges mit den Zähnen oder Händen zu bis er sich mit Luft gefüllt hat, athmet dann mit einem tiefen Athemzuge die Luft aus dem Windfang ein und bläst sie durch die Nase aus. Unterdess hat der Windfang sich wieder mit Luft gefüllt, und man kann von Neuem einen Athemzug thun. Es kommt hierbei darauf an, langsame, aber tiefe und volle Athemzüge zu thun und nicht mehr Luft in den Windfang strömen zu lassen, als zu einem Athemzuge erforderlich ist.

Wittko,
Seconde-Lieutenant im Garde-Pionier-Bataillon.

Die dem Zuleitungsschlauche entströmende Luft erregt anfangs im Munde ein lästiges Gefühl von Trockenheit, bedingt durch die Trockenheit der zuerst ausströmenden Luft. Die Erklärung dieser Erscheinung ergiebt sich aus folgender Betrachtung: Angenommen die zum Comprimiren verwendete Luft enthielte nur die Hälfte des Wasserdampfs, welchen sie bei ihrer Sättigung aufzunehmen im Stande ist, so würde damit eine geringe (relative) Feuchtigkeit vorausgesetzt sein. Die in einem Liter Luft enthaltene Menge Wasserdampfs muss in diesem Falle 50 gesetzt werden, wenn man die für den Fall der Sättigung nöthige Quantität durch 100 bezeichnet. Comprimirt man diese Luft, so werden bei Erreichung eines Druckes von 2 Atmosphären je 2 Liter zu einem zusammengepresst und wird dann in jedem Liter comprimirter Luft die Dampfmenge 100 enthalten sein. Der Grad der Sättigung ist damit erreicht und bei weiterer Compression wird der Wasserdampf condensirt. Nach Erreichung eines Drucks von 6 Atmosphären, bei welchem je 6 Liter zu einem einzigen zusammengepresst sind, beträgt die Menge des condensirten Dampfes in demselben 6. 50—100. Bei dem Ausströmen der Luft aus dem Tornister bleibt die in demselben enthaltene Luft nicht nur während der Abnahme des Druckes von 6 auf 2 Atmosphären gesättigt, sondern noch darüber hinaus, indem die Quantität des in der Luft enthaltenen Dampfes bei der im Anfange ausgeströmten Luft geringer ist als bei der zur Compression verwendeten Luft. Die zuerst ausströmende Luft, welche in dem Behälter gesättigt war, erweitert sich auf den 6fachen Raum und hat daher nur noch die Feuchtigkeit $^1/_6$. Ebenso wird die bei dem Druck von 5 Atmosphären ausströmende Luft die Feuchtigkeit $^1/_5$ haben u. s. w. Bei 2 Atmosphären Druck wird die (relative) Feuchtigkeit $^1/_2$ sein, wie bei der zum Comprimiren verwendeten Luft und von hier ab nimmt der Dampfgehalt noch mehr zu. Eine Durchfeuchtung der zuerst entströmenden trockenen Luft wird im genügenden Maasse durch Einlegen eines feuchten Schwammes in den Zuleitungsschlauch erreicht werden.

Benutzt wurden die Apparate in Graudenz in entschieden vergifteter Luft bei der Catastrophe am 8/8. zur Rettung Verunglückter.

Sergeant Meissner vom Garde-Pionier-Bataillon, welcher mit dem Apparat völlig vertraut war, hatte einen derselben zwar bei dem Betreten der Gallerie unmittelbar nach Zündung der Quetschmine No. I mitgenommen, jedoch mit geschlossenem Ventil; wie man behauptet, trug er ihn unter dem Arme. Der Apparat fand sich zwischen den Leichen, ob gefüllt oder entleert, ist nicht ermittelt. Mit dem disponiblen Apparat unterstützte ein Pionier den Hauptmann v. Kleist bei der Herausschaffung des Pionier Kahlert und des verstorbenen Hauptmann Kutzbach. Haupt-

mann v. Kleist wurde bei dieser Rettungsarbeit schwer minenkrank, in der Gallerie war demnach die Luft trotz der Ventilation noch verdorben. Nach Auffindung des I. Apparates bediente sich ein Pionier desselben und schaffte mit dem andern Apparatenträger 3 in der Nähe der Ecoute e liegende Todte aus der Gallerie.

Dass am 13/8. mit Hülfe eines Lufttornisters in Gallerie I bei Branche B ungefährdet ein Ballon (III) gefüllt wurde, nachdem 40 Minuten zuvor in der 40 Meter entfernten Ecoute b eine schwere Erkrankung vorgekommen war (Pionier Voigt), kann dagegen nicht als Beweis für den Schutz des Apparates angezogen werden, da die Luft nur 0,05 Kohlenoxyd und keinen Schwefelwasserstoff enthielt.

Im Schurzholz bewährte sich der Apparat nicht. In der Teteneconte der Gallerie III waren am 12/8. zwei schwere Erkrankungen (Sevin und Eckel) vorgekommen. 15 Minuten nach diesen Erkrankungen wurde eine Taube von zwei mit Lufttornistern versehenen Leuten vor Ort gestellt (Bauernfreund und Singwald). Sie blieben etwa 5 Minuten in der Gallerie, etwa $^{1}/_{2}$ Minute vor Ort, erkrankten aber beide leicht. Sergeant Dietel, welcher nach $^{3}/_{4}$ Stunden mit dem Tornister die Taube wiederholte, erkrankte ebenfalls leicht. Die 25 Minuten später in Ballon VI an diesem Orte entnommene Luft enthielt an Kohlenoxyd 0,23 pCt.

Der Grund des Misserfolgs bei dem Gebrauch des Apparats im Schurzholz liegt darin, dass durch das Kriechen das Athmungsbedürfniss gesteigert wird, wodurch eine Regulirung der Mikrometerschraube erforderlich wird. Das richtige Maass kann hierbei leicht verfehlt werden und der Luftvorrath wird entweder bei zu weiter Ausflussöffnung an der Mikrometerschraube vorzeitig verbraucht, wobei die Luft aus der gewaltsam erweiterten Mundhöhle entweicht, oder es tritt Luftmangel durch spärlichen Zufluss ein, in beiden Fällen wird die Minenluft durch die unvollkommen schliessende Nasenkappe eingeathmet. Der Windfang ist nur bis zu einem gewissen Grade im Stande, ein zu starkes Zuströmen von Luft auszugleichen, da er bei starker Spannung zerspringt. Wird in der Noth die ruhige Ueberlegung beeinträchtigt, so werden selbst zwischen dem Auf- und Zudrehen der Schraube bedenkliche Verwechselungen eintreten, wie es bei den Vorübungen im Freien sich häufig ereignete. Es resultirt hieraus die Forderung, den Mechanismus der Luftzufuhr von der Hand des Mineurs unabhängig zu machen, die überdiess zu anderer Arbeit verfügbar bleiben muss.

Beide Exemplare des Apparates wurden nach mehrtägigem Gebrauch an ihrer Vorderwand undicht und die versuchte Löthung hatte nur einen vorübergehenden Erfolg, so dass beide Tornister gegen Ende der Uebung

unbrauchbar waren. Eine grössere Solidität in der Construction ist desshalb unbedingt nothwendig.

Es erscheint beim Gebrauch des Tornisters möglich, das Nasenstück ganz zu beseitigen, die Nase mit einem Quetscher zu schliessen, darauf wie zuvor durch den Zuleitungsschlauch die Luft aus dem Tornister einzuathmen und bei Verschluss des Schlauches mit den Zähnen durch den Mund in die Atmosphäre zu exspiriren.

Zum ruhigen Vorgehen in den gemauerten Gallerien, zu kleinen Arrangements an den Ventilationsröhren, selbst zur Rettung Verunglückter aus den gemauerten Gallerien ist der Apparat auch in seiner jetzigen unvollkommenen Einrichtung bei sicherer Handhabung brauchbar, im Schurzholz hat er sich jedoch unzuverlässig erwiesen.

Athmungs-Apparate von L. v. Bremen. (Kiel. Fiencke u. Schachel 1875.) Durch L. v. Bremen u. Co. in Kiel und die Fabrik Rouquayrol-Denayrouze in Paris sind neuerlichst Athmungs-Apparate für den Bergbau construirt, welche nach der Darstellung der Fabrikanten nicht nur sofortiges Eindringen in schlechte Luft, Aufenthalt daselbst ohne Beschwerde für die Athmung, sondern auch ungehindertes Arbeiten gewährleisten, sonach die dem Stückradt'schen Apparate anhaftenden Mängel grösstentheils überwunden hätten. Die Athmungs-Apparate können überdies mit einer Vorkehrung für sichere Beleuchtung combinirt werden. Die Fabrik hat 2 Arten construirt: Apparate für Niederdruck, bei welchen der Arbeiter durch einen Schlauch mit der ihm Luft zuführenden Luftpumpe in Verbindung bleibt und Apparate für Hochdruck, bei welchen derselbe von der Luftpumpe getrennt, aus bei ihm befindlichen, mit Luft von der Luftpumpe gefüllten Behältern die zur Athmung erforderliche Luft entnimmt.

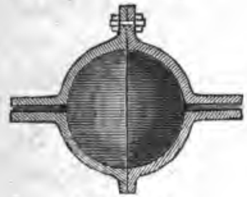
Die Apparate für Niederdruck sind in den Gallerien des Vertheidigers nicht verwendbar, da die Länge des erforderlichen Schlauches bei der Arbeit hinderlich sein würde, für die kurzen Gallerien des Angreifers genügen einfachere Mittel, so dass die Niederdruck-Apparate ausser Acht bleiben können.

Zu einem Apparat für Hochdruck gehören folgende Stücke:

1) eine Luftpumpe für Hochdruck, 2) ein Füllungsschlauch, 3) Luftreservoire, 4) ein Regulator zur Athmung, 5) ein Luftzuführungsschlauch, 6) ein Nasenverschluss.

1. Die Pumpe comprimirt die atmosphärische Luft in zwei Cylindern nach einander derart, dass wenn sie im ersten Cylinder 4 Atmosphären Druck hatte, sie in dem zweiten auf 24 Atmosphären Druck gebracht wird. Die Pumpe füllt bei geringer Dimension innerhalb 8 Minuten einen

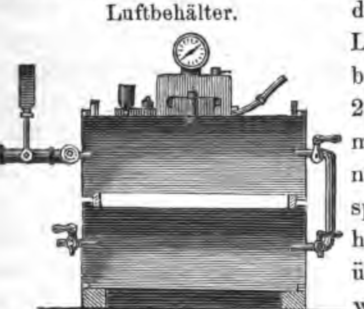
Raum von 20 Litern mit Luft von 25 Atmosphären Druck, falls 4 Mann an derselben pumpen. Die Füllung kann ohne grosse Schwierigkeit auch mit Dampfkraft geschehen. Die comprimirte Luft (500 Liter) ist zur Unterhaltung der Athmung für einen Erwachsenen für eine Stunde mehr als ausreichend.


Filzplatte.

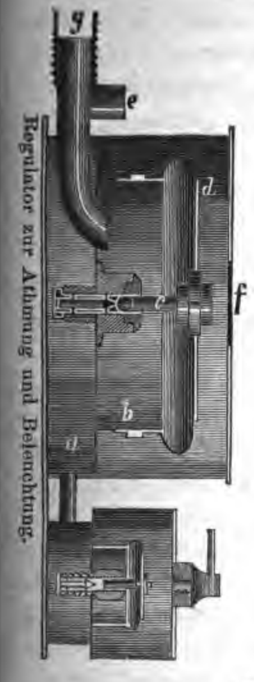
2. Der Füllungsschlauch dient zur Verbindung zwischen der Luftpumpe und den Luftreservoiren, ist aus Kautschuck mit eingelegten verzinkten Spiralen solid verfertigt.

Eine eingefügte Filzplatte reinigt die zugeführte Luft.

3. Ein Luftbehälter, deren sechs dem Apparat beigegeben werden, fasst 20 Liter Luft und widersteht einem Druck von 25 Atmosphären. Ein Luftdruckmanometer an demselben misst den Druck der von der Pumpe zugeführten Luft. Ein Mechanismus an dem Luftbehälter ermöglicht von dieser unter 25 Atmosphären Druck stehenden Luftmenge, ein regulirbares Quantum, welches nur unter dem Drucke von etwa 2 Atmosphären steht, in einen von dem Luftbehälter gesonderten Athmungsregulator überzuführen. Der Mechanismus verwerthet die durch den Luftverbrauch bei der Athmung herbeigeführte Verdünnung der Luft mit geeigneter Hülfskraft (comprimirter Luft) zur Regulirung der in den Athmungsregulator überzuleitenden Luftmenge.

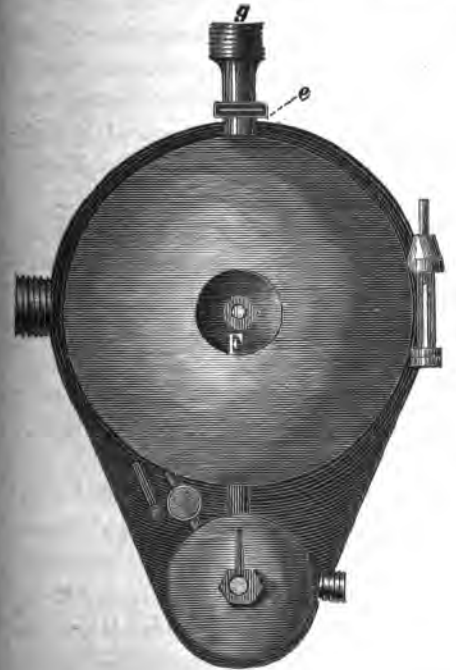
Luftbehälter.


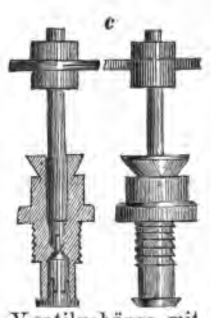
4. Der Regulator zur Ausathmung besteht aus zwei gesonderten Räumen, einem unteren Luftreservoir (a) und einer oberen Luftkammer (b), welche letztere mit dem Zufuhrschlauche (g) zu dem Munde des Arbeiters in Verbindung steht. Beide Räume sind durch ein Kegelventil (c) mit einander verbunden. In dem unteren Raume befindet sich die unter einem Druck von 2 Atmosphären aus dem Luftbehälter (3) zugeleitete Luft; derselbe schliesst sich durch Druck gegen das Ventil von unten nach oben gegen den oberen Luftraum ab. Die Decke (d) der Luftkammer ist von Kautschuck, dem Drucke der Atmosphäre bei (f) zugänglich. In derselben ist der Schaft des Ventils eingefügt. Bei eintretender Verdünnung der Luft in der Luftkammer (b) durch die Athmung des Arbeiters wird durch den Ueberdruck der Atmosphäre die elastische Kautschuckkappe niedergedrückt. Da nun der Schaft mit der Kappe fest verbunden



Regulator zur Athmung und Beleuchtung.

ist, so wird mit dem Niedergehen der Kautschuckkappe auch ein Sinken des Schafts eintreten. Der Schaft wird auf das Ventil drücken und dieses dem Drucke von oben nach unten nachgeben. Dadurch wird die Verbindung zwischen Reservoir und Luftkammer geöffnet und es strömt Luft aus dem Ersteren in die Letztere, so lange bis der Druck der äussern atmosphärischen Luft paralysirt ist, dann hebt sich der Deckel der Kautschuckkappe wieder, der Schaft drückt nicht mehr auf das Ventil und dieses wird wieder geschlossen durch den Druck der Luft des Reservoirs von unten nach oben. Der Arbeiter erhält vermittelst des Athmungsregulators jede seinem Athmungsbedürfniss entsprechende Luftmenge. Die zugeführte Luft hat den Druck einer Atmosphäre. Das Zuströmen erfolgt durch das doppelte Regulirungssystem gleichmässig. Das Einathmen geschieht demnach ebenso unbehindert wie in atmosphärischer Luft.

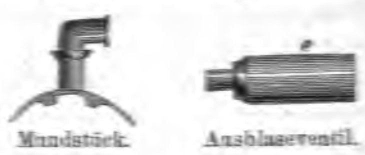


Ventilgehäuse mit Schaft und Verschraubungen.


Ventil.

5. Der Luftzuführungsschlauch endigt in einem Mundstück, welches zwischen den Zähnen gehalten wird und durch eine zwischen Zähnen und Lippen liegende Kautschuckplatte völlig luftdicht schliesst.



Mundstück. Ausblaseventil.

Die Ausathmung erfolgt in dem gleichen Athmungsschlauch. Die ausgeathmete Luft wird durch ein Ausblaseventil von Kautschuck in der Nähe des Schlauchansatzes am Regulator entfernt, welches sich nur durch Blasen von innen öffnet, bei dem geringsten Drucke von aussen aber schliesst (4 e).

6. Der bronzene Nasenverschluss wird mittelst einer Schraube an die Seiten der Nase angeschraubt, so dass er die Nase hermetisch gegen die äussere Luft abschliesst.

Ein von der Fabrik in Tornisterform gebrachter Apparat mit einem Luftbehälter lässt nach seiner Construction für die Zeit von mehr als einer Stunde jede Beschäftigung in den Gallerien zu. Durch Mitgabe weiterer Luftbehälter, die in einem Rahmen in der Nähe des Arbeiters aufgestellt und mit dem Tornister verbunden werden können, lässt sich die Zeit des Aufenthalts in den schädlichen Gasen entsprechend verlängern. Einer Luftverschwendung ist durch die Regulatoren vorgebeugt. Die Gefahr einer Inspiration durch die Nase ist durch deren Verschluss beseitigt, da das Ein- und Ausathmen durch den Mund erfolgt. Die Luft strömt nach Bedürfniss zu, hat den Druck einer Atmosphäre. Die Hände des Arbeiters sind frei.

Ob der Apparat sich bei seiner Complicirtheit practisch bewährt, kann nur durch Versuche entschieden werden. Vom theoretischen Standpunkte verdient er in hohem Grade Empfehlung.

## 6. Ventilation.

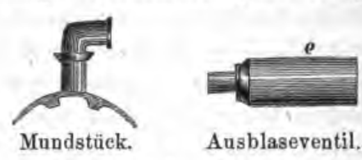
Das sicherste Mittel zur Verhütung der Minenkrankheit liegt in der Entfernung der schädlichen Gase aus den Gallerien durch die Ventilation, dieselbe scheidet sich in eine natürliche und künstliche.

a. Natürliche Ventilation. Eine Bewegung der Luft findet in den Gallerien statt, sobald eine Temperaturdifferenz zwischen der Innen- und Aussenluft besteht. Die Geschwindigkeit der Bewegung hängt zum Theil von der Grösse der Temperaturdifferenz, zum Theil von der Höhe der Gallerien und ihrer Richtung zum Horizont ab. In fallenden Gallerien,

wie sie beim Angreifer gewöhnlich vorkommen, wird die natürliche Ventilation an heissen Tagen ganz fehlen, im Winter dagegen wird sie grösser sein als in horizontalen, in steigenden Gallerien findet sich das umgekehrte Verhältniss. In horizontalen Gallerien wächst die Bewegung der Luft mit der Höhe der Gänge und der Grösse der Temperaturdifferenz auf dieselbe Entfernung. Das wärmere Gas bewegt sich oben, das kältere unten in entgegengesetzter Richtung des warmen. Im Winter strömt die äussere Luft unten ein, im Sommer oben; die innere Luft strömt im Winter oben aus, im Sommer unten. An den Puncten der Hauptgallerien, wo die Seitengallerien abgehen, finden sich zuweilen zum Zwecke der Ventilation Luftschlote angebracht, deren Oeffnung jedoch nur gering ist, um das Eintreten feindlicher Geschosse zu verhindern. Im Sommer findet sich in denselben ein absteigender, im Winter ein aufsteigender Strom. Die Luftströmungen in einer Vertheidigungsgallerie wurden am 6. August Abends in Graudenz mit Flockseide und Thermometer geprüft. Es fand sich am Eingange der Gallerie ein wärmerer oberer eintretender von + 17° C. und ein kälterer unterer austretender Strom von + 16,2° C. Der warme Luftstrom an der Decke war kräftiger als der kalte am Boden. Aber schon in 4,5 Meter Entfernung vom Eingange wurde der obere Strom (16,5°) schwach, der untere (12,5°) war stärker. 31 Meter vom Eingange fand sich der obere Strom (15°) gering nach innen, der untere (12,2°) etwas stärker nach aussen. Am Anfang der Schurzgallerie war nur noch ein schwacher Luftwechsel wahrnehmbar. An den Luftlöchern fand sich ein absteigender schwacher Strom, der auf die Hauptrichtung der Strömung in der Gallerie keinen Einfluss hatte. Der Effect der natürlichen Ventilation in den Gallerien ist, wie die Prüfung mit Flockseide ergiebt, zu gering, als dass dieselbe für sich allein eine Befreiung der Gallerien von schädlichen Gasen in der beim Minenkriege erforderlichen kurzen Zeit herbeiführen könnte.

b) Künstliche Ventilation. Methode. Die künstliche Ventilation der Gallerien kann entweder durch Aussaugen der schädlichen Gase oder Einblasen frischer Luft geschehen. Beim Saugen wird Luft von der Saugstelle ausgeführt, dafür eingeführt Luft aus der Umgebung des Ventilators. Beim Blasen wird ausgeführt Luft vom Anfang der Gallerie, eingeführt Luft aus der Umgebung des Ventilators. Ist der Procentgehalt der Luft an schädlichen Gasen im vorderen Theil einer Gallerie — zunächst dem Feinde — v, im hinteren — am Eingange — h, in der Umgebung des Ventilators $h^1$, so stehen die Quantitäten schädlicher Gase, welche durch Aussaugen oder Einblasen gleicher Gasmengen aus der Gallerie entfernt werden, in dem Verhältniss von $v - h^1$, zu

5. Der Luftzuführungsschlauch endigt in einem Mundst welches zwischen den Zähnen gehalten wird und durch eine zwis Zähnen und Lippen liegende Kautschuckplatte völlig luftdicht schlies




Mundstück. Ausblaseventil.

Die Ausathmung erfolgt in dem gleichen Athmungsschlauch. ausgeathmete Luft wird durch ein Ausblaseventil von Kautschuck in Nähe des Schlauchansatzes am Regulator entfernt, welches sich nur d Blasen von innen öffnet, bei dem geringsten Drucke von aussen schliesst (4 e).

6. Der bronzene Nasenverschluss wird mittelst einer Schr an die Seiten der Nase angeschraubt, so dass er die Nase herme gegen die äussere Luft abschliesst.

Ein von der Fabrik in Tornisterform gebrachter Apparat mit ei Luftbehälter lässt nach seiner Construction für die Zeit von mehr einer Stunde jede Beschäftigung in den Gallerien zu. Durch Mit weiterer Luftbehälter, die in einem Rahmen in der Nähe des Arbe aufgestellt und mit dem Tornister verbunden werden können, lässt die Zeit des Aufenthalts in den schädlichen Gasen entsprechend längern. Einer Luftverschwendung ist durch die Regulatoren vorgeb Die Gefahr einer Inspiration durch die Nase ist durch deren Versc beseitigt, da das Ein- und Ausathmen durch den Mund erfolgt. Die strömt nach Bedürfniss zu, hat den Druck einer Atmosphäre. Die H des Arbeiters sind frei.

Ob der Apparat sich bei seiner Complicirtheit practisch bew kann nur durch Versuche entschieden werden. Vom theoretischen St punkte verdient er in hohem Grade Empfehlung.

## 6. Ventilation.

Das sicherste Mittel zur Verhütung der Minenkrankheit liegt in Entfernung der schädlichen Gase aus den Gallerien durch die Ventila dieselbe scheidet sich in eine natürliche und künstliche.

a. Natürliche Ventilation. Eine Bewegung der Luft finde den Gallerien statt, sobald eine Temperaturdifferenz zwischen der In und Aussenluft besteht. Die Geschwindigkeit der Bewegung hängt Theil von der Grösse der Temperaturdifferenz, zum Theil von der der Gallerien und ihrer Richtung zum Horizont ab. In fallenden Galle

wie sie beim Angreifer gewöhnlich vorkommen, wird die natürliche Ventilation an heissen Tagen ganz fehlen, im Winter dagegen wird sie grösser sein als in horizontalen, in steigenden Gallerien findet sich das umgekehrte Verhältniss. In horizontalen Gallerien wächst die Bewegung der Luft mit der Höhe der Gänge und der Grösse der Temperaturdifferenz auf dieselbe Entfernung. Das wärmere Gas bewegt sich oben, das kältere unten in entgegengesetzter Richtung des warmen. Im Winter strömt die äussere Luft unten ein, im Sommer oben; die innere Luft strömt im Winter oben aus, im Sommer unten. An den Puncten der Hauptgallerien, wo die Seitengallerien abgehen, finden sich zuweilen zum Zwecke der Ventilation Luftschlote angebracht, deren Oeffnung jedoch nur gering ist, um das Eintreten feindlicher Geschosse zu verhindern. Im Sommer findet sich in denselben ein absteigender, im Winter ein aufsteigender Strom. Die Luftströmungen in einer Vertheidigungsgallerie wurden am 6. August Abends in Graudenz mit Flockseide und Thermometer geprüft. Es fand sich am Eingange der Gallerie ein wärmerer oberer eintretender von + 17° C. und ein kälterer unterer austretender Strom von + 16,2° C. Der warme Luftstrom an der Decke war kräftiger als der kalte am Boden. Aber schon in 4,5 Meter Entfernung vom Eingange wurde der obere Strom (16,5°) schwach, der untere (12,5°) war stärker. 31 Meter vom Eingange fand sich der obere Strom (15°) gering nach innen, der untere (12,2°) etwas stärker nach aussen. Am Anfang der Schurzgallerie war nur noch ein schwacher Luftwechsel wahrnehmbar. An den Luftlöchern fand sich ein absteigender schwacher Strom, der auf die Hauptrichtung der Strömung in der Gallerie keinen Einfluss hatte. Der Effect der natürlichen Ventilation in den Gallerien ist, wie die Prüfung mit Flockseide ergiebt, zu gering, als dass dieselbe für sich allein eine Befreiung der Gallerien von schädlichen Gasen in der beim Minenkriege erforderlichen kurzen Zeit herbeiführen könnte.

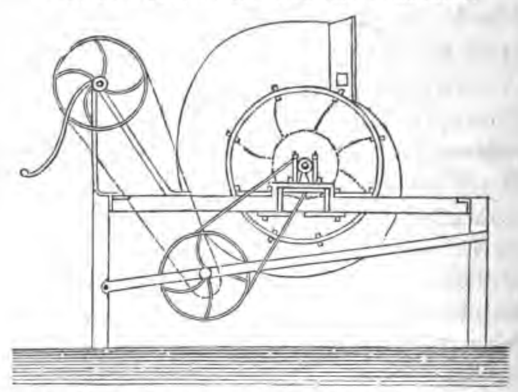
b) Künstliche Ventilation. Methode. Die künstliche Ventilation der Gallerien kann entweder durch Aussaugen der schädlichen Gase oder Einblasen frischer Luft geschehen. Beim Saugen wird Luft von der Saugstelle ausgeführt, dafür eingeführt Luft aus der Umgebung des Ventilators. Beim Blasen wird ausgeführt Luft vom Anfang der Gallerie, eingeführt Luft aus der Umgebung des Ventilators. Ist der Procentgehalt der Luft an schädlichen Gasen im vorderen Theil einer Gallerie — zunächst dem Feinde — v, im hinteren — am Eingange — h, in der Umgebung des Ventilators $h^1$, so stehen die Quantitäten schädlicher Gase, welche durch Aussaugen oder Einblasen gleicher Gasmengen aus der Gallerie entfernt werden, in dem Verhältniss von $v - h^1$, zu

$h-h^1$. Da nun $v-h^1$ immer grösser sein wird, als $h-h^1$, so wird das Saugen immer vortheilhafter sein als das Blasen, wenn es sich darum handelt, einen möglichst grossen Theil der schädlichen Gase aus der Gallerie zu schaffen. Beim Blasen wird die Besserung der Luft sich mehr in der Nähe der Mündungsstelle des Ventilationsrohres concentriren, beim Saugen sich mehr über alle Theile der Gallerie verbreiten. Kurz nach der Explosion wird man demnach mit Vortheil möglichst aus der Nähe des Explosionsheerdes saugen, dagegen wenn später an einer anderen Stelle gearbeitet werden soll, dorthin.

### Ventilations-Apparate.

Die Apparate zur künstlichen Ventilation beruhen entweder auf dem Princip des Schaufelrades oder des Blasebalgs und sind gemeinlich ebensowohl zum Saugen als Blasen verwendbar. Bei den Graudenzer Uebungen waren 2 Dimendahl'sche Grubenventilatoren und ein Cylindergebläse in Gebrauch.

### Dimendahl'scher Gruben-Ventilator.

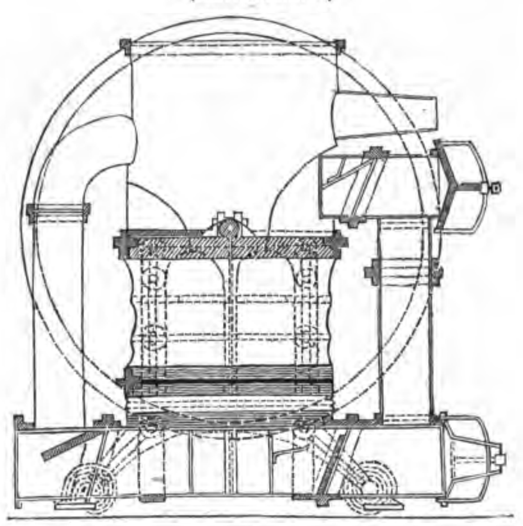


Der Dimendahl'sche Apparat besteht aus einem eisernen Schaufelrade in einem eisernen schneckenförmigen Gehäuse. Die Schaufeln, in der Regel 12, sind nach dem Gesetze der Tangentialräder gekrümmt, stehen ihrer Anzahl entsprechend, eng aneinander. Durch doppelte Riemenscheiben (Vorgelege) wird die Rotation des Schaufelrades, dem umgekehrten Verhältniss der Durchmesser der Scheiben entsprechend, beschleunigt. Die äussere Luft tritt an der vom Vorgelege frei gelassenen Seitenwand durch eine Oeffnung zur Achse des Schaufelrades, wird von den rotirenden Schaufeln erfasst und durch die Oeffnung des Schneckengehauses in die Ventilationsröhre geworfen.

Soll der Apparat zum Saugen dienen, so wird die Ventilationsröhre

mit der Oeffnung in der Seitenwand verbunden. Der Apparat ist so compendiös, dass er in 1 Meter breiten und 1,60 Meter hohen Gallerien in Thätigkeit gesetzt werden kann. 2 Mann bedienen denselben mit Ablösung. Der Apparat arbeitet stossweise und der Rückstau der Luft aus langen Ventilationsröhren wirkt auf die Luft in dem Schaufelrade zurück und bringt sie theilweise zum seitlichen Abweichen von den Schaufeln, wodurch der Effect vermindert wird.

Das Cylindergebläse.
(Durchschnitt.)



Dieser Uebelstand wird durch den Windfang des Cylindergebläses eines doppelten Blasebalgs vermieden. Seine beiden cylindrischen Lederbälge stehen senkrecht übereinander und werden durch einen Boden geschieden, der beim Arbeiten abwechselnd den einen oder anderen Balg zusammendrückt, deren Luft nach dem über den Bälgen befindlichen Windfang entweicht, aus dem oberen direct, aus dem unteren durch eine weite Röhre. Die Zufuhr der Luft zu den Bälgen geschieht durch Ventile, welche in Folge ihrer Stellung bei dem Comprimiren der Bälge sich öffnen und schliessen.

Mit dem Windkessel stehen beim Blasen die Ventilationsröhren in Verbindung. Die Horizontalaxe des Apparats ruht in einem eisernen Bockgestell. Die Bewegung des Mittelbodens wird durch 2 Kurbeln bewirkt, an denen je 2 Mann arbeiten können. Die Kraftäusserung derselben wird durch 2 gusseiserne Schwungräder von 1,20 Meter Durchmesser regulirt. Der Apparat giebt einen fast continuirlichen Strom, da

die durch Handarbeit erzeugten Stösse durch die Luft des Windfangs ausgeglichen werden.

Um mit dem Apparate zu saugen, wird eine der beiden Oeffnungen, durch welche beim Blasen die frische Luft eintritt, mit einer Deckplatte geschlossen, mit der anderen Oeffnung wird die Ventilationsröhre verbunden, deren Luft beim Arbeiten des Apparats nunmehr beiden Bälgen zuströmt, aus welchen dieselbe durch das Ableitungsrohr des Windkessels nach aussen entleert wird. Der Apparat hat eine Gesammthöhe von etwa 1,52 Meter und wird durch Bockräder fortbewegt (cf. Königlich Preussisches Mineur-Reglement 1866, Seite 222).

Die Ventilationsröhren und Schläuche, durch welche die Luft eingeblasen und ausgesogen wird, haben einen wesentlichen Einfluss auf die Leistung des Ventilators. Ihr Durchmesser muss mit der Wirkung des Ventilators steigen. Bei unverändertem Querschnitt, glatter Innenwand und dichtem Material leisten sie am meisten. Das Reglement giebt den Röhren aus Zinkblech den Vorzug, die in Hauptgallerien 2,0 bis 2,5 Meter lang sind und in einander geschoben werden, wesshalb die Röhren an einem Ende einen entsprechend erweiterten Durchmesser haben, Die Verbindungsstellen werden mit nassem Lehm verstrichen. Die Röhren ruhen nahe der First auf Mauerhaken. Zur Abzweigung für die Seitengallerien dienen Blechkniee oder Guttaperchamuffen mit eingelegten Drahtspiralen. Die elastischen, spiralfreien Enden der Muffen werden über die Blechröhren gestreift. Die Muffen können in jeden beliebigen Winkel gebogen werden. In den Ecouten, wenn sie 0,60 Meter breit und 1,00 Meter hoch sind und unter 60° aus einer Branchengallerie abgehen, können nur noch 1,90 Meter lange Blechröhren eingebracht werden. Man verwendet deshalb an den Teten der Ecouten zuweilen Schläuche aus gummirter Leinewand, deren Wände durch Ringe auseinandergehalten werden, obwohl sonst Schläuche wegen des Reibungswiderstandes und der Verengerung des Querschnittes bei Biegungen gern vermieden werden. Doppelkniee aus Blech vermitteln eine gleichzeitige Ventilation an zwei Orten. Die Absperrung eines Schenkels geschieht durch aufgesetzte Blechkapseln.

In Graudenz waren nur Röhren von Eisenblech mit einfachen und doppelten Knieen in Gebrauch, die unmittelbar am Cylindergebläse 15 Cm. Durchmesser hatten und sich nach den Teten zu etwa auf die Hälfte ihres Durchmessers verjüngten.

Die Leistungsfähigkeit der Ventilatoren und Röhren wird nach dem Reglement (Seite 225) mit dem Anemometer geprüft.

## Leistung der Ventilation.

Von allen Beobachtern der Minenkrankheit wird bei dem geringen Effect der natürlichen Ventilation über die ungenügende Wirkung der in Gebrauch gezogenen Ventilatoren geklagt.

Josephson berichtet von den Uebungen bei Jülich, dass bei Beginn der Arbeiten 11 Stunden nach der letzten Minensprengung 16 pCt. der Arbeiter erkrankten, nach 13—14 Stunden 4—56 pCt., nach 38 Stunden 4—33 pCt.

Rawitz beobachtete 11 pCt. Erkrankungen circa 12—24 Stunden nach den Explosionen, davon ²/₃ beim Vertheidiger, ¹/₃ beim Angreifer.

Scheidemann berichtet von den Graudenzer Uebungen im Jahre 1862, dass in einer Gallerie des Angreifers mehrere Stunden nach einer Trichtersprengung von 20 Arbeitern 18 erkrankten.

Bei der letzten Graudenzer Uebung wurden die Arbeiten sowohl beim Angreifer wie beim Vertheidiger in der Regel erst 12 Stunden nach einer Explosion in den betreffenden Gallerien aufgenommen, nachdem beim Vertheidiger in allen Fällen ein Ventilator (grosser Dimendahl'scher und Cylindergebläse) in Thätigkeit gesetzt war, sobald die den Gallerien nach einer Explosion entströmenden Gase die Arbeit an demselben gestatteten, worüber zuweilen mehr als eine Stunde verging. Während des Arbeitens wurde in den verdächtigen Gallerien des Vertheidigers unausgesetzt ventilirt. In den Gallerien des Angreifers wurde in der Regel nur bei offenbarer Luftverderbniss und nach dem Eintreten von Erkrankungen ventilirt und zwar mit einem Dimendahl'schen Apparat kleinerer Dimension.

Wie wenig wirksam sich die Ventilation mit den bisherigen Mitteln erwies, zeigt die sub 8 dem Bericht beigegebene Uebersicht der Erkrankungen bei der letzten Graudenzer Uebung nach Zeit, Ort, Partei der Arbeiter, im Zusammenhang mit den Minenereignissen.

Abweichend von anderen Angaben (Rawitz) war bei gleicher Arbeiterzahl bei beiden Parteien, wie sie bei den Uebungen gebräuchlich ist, die Zahl der Erkrankungen, vom 8. 8. abgesehen, auf beiden Seiten nahezu gleich. Es erkrankten 31 Angreifer und 28 Vertheidiger. Die Erkrankungen kamen bei beiden Parteien häufig kurze Zeit nach Beginn der Arbeit, also 12 Stunden nach der Explosion, vor, erstreckten sich beim Vertheidiger bis zu einem Zeitraum von circa 36 Stunden nach der letzten Explosion und zeigten sich in einem Falle beim Angreifer selbst noch 4 Tage später.

Der Vortheil der kürzeren und von der Tete nach dem Entree gewöhnlich steigenden Gallerien des Angreifers wurde durch seine beschränkteren Ventilationsmittel (einen kleinen Dimendahl'schen Apparat)

zum Theil wieder ausgeglichen. Nur in dem Grade der Erkrankungen macht sich die günstigere Position des Angreifers bemerklich (cf. Tabelle IV. sub 8).

Das Bedürfniss, die Ventilationsmittel zu steigern, ist demnach auf beiden Seiten gleich dringend.

### Vorschläge zur Verbesserung der Ventilation.

Es kann vom diesseitigen Standpunkte als genügend betrachtet werden, auf das Unzureichende der gegenwärtig zur Verwendung kommenden Ventilationsmittel hingewiesen zu haben und als Ziel der Ventilation eine Luft in den Gallerien von solcher Reinheit zu bezeichnen, dass Minenkrankheit in denselben nicht mehr vorkommen kann. Eine Grenze bis zu welcher Kohlenoxyd allein oder in Verbindung mit Schwefelwasserstoff lange Zeit ungestraft eingeathmet werden kann, ist noch nicht ermittelt. Es kann nach den Resultaten der Thierversuche nur angegeben werden, dass 0,3 pCt. Kohlenoxyd in atmosphärischer Luft für Tauben nach 30 Minuten giftig wirkt und 0,01 pCt. Schwefelwasserstoff mit 0,3 pCt. Kohlenoxyd schon nach 8 Minuten sehr gefährliche Vergiftungserscheinungen bei denselben Thieren hervorrufen, während 0,48 pCt. Kohlenoxyd beim Menschen nach 1 Stunde leichte Erkrankung bewirkt. Technische und militairissche Rücksichten wirken bei der Ventilationsfrage bestimmend ein, und können die folgenden Bemerkungen deshalb nur unter Vorbehalt gegeben werden.

Es wird im Kriege dringend erforderlich sein, die Gallerie nach einer Explosion in kürzester Frist zu betreten, um einestheils die Wirkung der Explosion zum Zwecke der weiteren Pläne für Angriff und Vertheidigung zu constatiren, anderntheils können durch eine Explosion Arbeiter verschüttet und verletzt sein, die nur durch eine schleunige Hülfe gerettet werden können. Bei dem Vertheidiger würde diese Aufgabe gegenwärtig nur vermittelst der Athmungsapparate zu lösen sein; doch sind, wie wir sehen, die einfacheren Apparate in ihrem Schutz unsicher, nur in sehr geübter Hand zuverlässig, die complicirten dagegen werden durch ihren difficilen Mechanismus immer nur mit Schonung zu gebrauchen sein, es ist mithin auf diese Apparate nur für Einleitung der Arbeit zu rechnen. Die weitere Ausführung wird nur durch unbehinderte Betheiligung vieler Arbeiter möglich sein.

Die Ventilation hat zunächst das Quantum von Pulvergasen aus den Gallerien zu entfernen, welches durch die Verdämmung hindurch bei der Explosion in die Gallerien geschleudert wird. Bei Berechnung der zu

leistenden Arbeit muss jedenfalls de ganze kubische Inhalt einer Gallerie in Betracht gezogen werden.

Hauptgallerie II. in Graudenz hat beispielsweise bis zur Tete eine Länge von 100 Meter, eine Breite von 1 Meter und eine Höhe von 1,60 Meter, demnach einen Inhalt, von den Branchen abgesehen, von 160 Kubikmeter. Der Inhalt der Branchen ist gleich hoch zu veranschlagen. Wird die Ecoute, in welcher eine Quetschmine explodirt, zu 5 Kubikmeter Inhalt gerechnet, so würde bei einer ersten Quetschmine das durch Aussaugen zu entfernende Luftquantum circa 325 Kubikmeter betragen. Durch einmaliges Aussaugen würde die Luft in der Gallerie jedoch noch keineswegs als hinlänglich gereinigt angesehen werden können, da anstatt der ausgesaugten, nicht frische, sondern Luft aus der Umgebung des Ventilators eintritt, welche mit einem gewissen Gehalt schädlicher Gase imprägnirt ist. Es scheint desshalb erst ein dreimaliges Aussaugen die Befahrbarkeit der Gallerie sicher zu stellen. Es wären hiernach 975 Kubikmeter Luft aus der Gallerie zu entfernen. Die Zeit innerhalb welcher diese Arbeit zu vollenden wäre, könnte von dem Beginn der Erdarbeit in einem auf Seiten des Angreifers gesprengten Trichter abhängig gedacht werden und wäre mit Rücksicht auf die Zeit, welche die Diffusion der Pulvergase erfordert, welche dem mannigfach zerrissenen Erdreich in der Umgebung eines Trichters entweichen, etwa auf 15 Minuten zu setzen. Die Aufgabe bestände sonach darin, 1 Kubikmeter Luft in der Secunde aus der Gallerie zu entfernen. Berücksichtigt man den Reibungswiderstand in den Ventilationsröhren, deren Durchmesser in der Enge der Gallerien, namentlich des Schurzholzes, eine Beschränkung findet, der ausserdem durch die Winkelstellung der Ecouten zu den Branchen vermehrt wird, so möchte die Anforderung an den Ventilator auf Entfernung von 1½ Kubikmeter Luft in der Secunde zu steigern sein. Eine solche Leistung würde nach Weisbach nur durch eine Dampfmaschine von 4—8 Pferdekräften, je nach der Construction des Ventilators zu erreichen sein. Die Maschine dürfte wohl nur eine bewegliche (Locomobile) sein. Die Ansicht, dass zu einer genügenden Ventilation der Gallerien des Vertheidigers in der für militairische Zwecke erforderlichen Zeit eine Dampfkraft erforderlich sei, war übrigens unter den Ingenieuroffizieren bei Graudenz allgemein verbreitet.

Eine Dampfkraft, welche im Stande wäre, innerhalb 15 Minuten die Pulvergase aus einer Gallerie zu saugen, welche nach der Explosion die Verdämmung durchschlagen haben, würde ohne Zweifel auch genügen, durch Zublasen von Luft die Arbeiten in sämmtlichen Ecouten einer Gallerie durch Verdrängung und Verdünnung der beim Aufarbeiten dem

Erdboden entströmenden schädlichen Gase zu ermöglichen. Dieselbe würde ausserdem zur raschen Füllung der Athmungsapparate bei eintretenden Unglücksfällen eine vorzügliche Verwendung finden können.

Zur raschen Ventilirung einer Gallerie des Angreifers ist ein Dimendahl'scher Apparat grösserer Dimension mit Handbetrieb ausreichend.

Die Leistung eines jeden Ventilators wird nun aber durch Material und Abmessung der Ventilationsröhren wesentlich beeinflusst.

Sind diese Verhältnisse geordnet, so ist ein möglichst luftdichtes Zusammenfügen der einzelnen Röhrenstücke ein dringendes Erforderniss. Das Ineinanderschieben der Röhren und Verdichten der Verbindung durch nassen Lehm genügt hierzu nur sehr unvollkommen, namentlich wird in Folge der Rückstösse der Luft bei Verwendung des Dimendahl'schen Apparates der Lehm rasch abgebröckelt. Die Prüfung mit Flockseide ergab denn auch an den Verbindungsstellen ein starkes Ausströmen der Luft, so dass der Strom der eingeblasenen Luft vor Ort nur sehr unbedeutend war. Eine bessere Verdichtung würde ein Brei von Leinsamenmehl und Wasser herstellen, namentlich wenn derselbe mit groben Sacktuchstreifen um die Verbindung der Röhren gelegt würde. Das in den russischen Minen übliche Bleiweissplaster steht dem Leinmehl jedenfalls nach.

Es kann zuweilen darauf ankommen, einen bestimmten Theil einer Gallerie mit frischer Luft zu versehen. Die jetzige Einrichtung des Röhrensystems ermöglicht dies nur durch den Kappenverschluss der Endstücke der einzelnen Zweige, da die Röhren nur von dem Endstück aus abnehmbar sind. Beim Einblasen geht durch Reibung und Rückstoss bei dieser Anordnung viel Kraft verloren. Stellbare Klappen im Hauptrohr und an den abgehenden Zweigen würden den genannten Zweck rascher und sicherer erfüllen lassen.

### 7. Erkennen der Gefahr.

Ein Erkennen der Gefahr wird häufig ein Vermeiden derselben ermöglichen. Mit dem Auffinden solcher Kennzeichen einer gefährlichen Luftbeschaffenheit, aus denen auch der einfache Arbeiter sich ein sicheres Urtheil über die Befahrbarkeit einer Gallerie bilden könnte, wäre jedenfalls ein grosser Fortschritt in Betreff der Verhütung der Minenkrankheit gegeben. Die Praxis der Mineure glaubte auch solche Zeichen bereits zu besitzen und rechnet zu denselben einen auffallenden Geruch der Minenluft und das Verlöschen der Lichter in derselben. Als daher bei der Graudenzer Uebung am 8. August nach Zündung der ersten Quetschmine die Luft am Eingange der Gallerie geruchlos befunden wurde und die

Lichter weithinein hell brannten, glaubte man die Gallerie ungefährdet betreten zu können. Das folgende schwere Unglück hat die Unzuverlässigkeit dieser Zeichen zur Genüge dargethan und macht eine Prüfung derselben nothwendig.

a. Geruch der Minenluft. Nach einer Explosion macht sich in kürzerer oder längerer Zeit, je nach Ladung, Lage und Verdämmung der Mine, am Eingange der Gallerie ein intensiver Geruch nach Schwefelwasserstoff bemerklich. Ein mit essigsaurer Bleilösung durchfeuchtetes Papier färbt sich in dieser Minenluft sofort tiefschwarz. Der Geruch nach Schwefelwasserstoff bleibt sehr deutlich, so lange die Luft noch 0,01 pCt. dieses Gases enthält und Bleipapier bräunt sich in derselben noch rasch. Der Mineur hatte Recht, wenn er auch diese geringen Beimengungen von Schwefelwasserstoff noch fürchtete, da die Thierversuche erwiesen haben, dass Schwefelwasserstoff die Giftigkeit des Kohlenoxyds auch in kleinen Mengen bedeutend steigert. Indess verschwindet Schwefelwasserstoff, wie wir sahen, nach einiger Zeit aus der Minenluft, während Kohlenoxyd zurückbleibt, das für sich allein in ausreichender Menge eine tödtliche Wirkung hervorbringt. Diesem geruchlosen Gase gegenüber fällt das Kriterium des Geruches aus und die Luft einer Gallerie, die nach einer Explosion nicht mehr nach Schwefelwasserstoff riecht, kann dennoch tödtliche Wirkung haben. Am Boden der Gallerie, wo im Sommer die Gase ausströmen, hält sich der Geruch noch etwas länger als unter der First. Bleipapier wird am Boden nach einiger Zeit gebräunt, während die Luft an der First frei von Schwefelwasserstoff ist. Eine minimale Menge von Schwefelwasserstoff, welche nicht einmal mehr auf das Geruchsorgan einen Eindruck macht, ist sicher ungefährlich.

Völlig geruchlos wird die Minenluft, auch wenn sie thatsächlich ungefährlich ist, während eines Minenkrieges nicht; es bleibt eine riechende Substanz in derselben zurück, die undefinirbar und für die Minenluft characteristisch ist.

b. Verlöschen der Lichter. Die Analyse der Luft in Kolben IX, welche in einer Gallerie geschöpft wurde, in welcher Stearinkerzen erloschen, ergab:

Sauerstoff 17,86 pCt., Kohlensäure 2,70 pCt., Stickstoff 79,43 pCt.

Die Luft des Kolben X, in welcher Lichter trübe brannten, enthielt: Sauerstoff 19,04 pCt., Kohlensäure 1,72 pCt., Stickstoff 79,24 pCt.

In beiden Fällen zeigte sich Sauerstoffverminderung und Kohlensäurevermehrung nahezu in demselben Grade, wie sie von Smith (l. c. p. 145) beim Verlöschen der Lichter in Bleikammern beobachtet wurden. Derselbe fand, dass bei einem Gehalt der Luft an Kohlensäure 2,27 pCt.,

Sauerstoff 18,50 pCt. Lichter erloschen; dass bei Kohlensäure 2,32 pCt., Sauerstoff 18,48 pCt. eine Paraffinlampe erlosch; dass bei Kohlensäure 2,45 pCt., Sauerstoff 18,40 pCt. eine Spirituslampe erlosch, wobei der Stickstoffgehalt der Luft wenig verändert war.

Otto sagt (Lehrbuch der anorganischen Chemie 1863 I.) dass Kerzen nach seinen eigenen Versuchen in einer Luft erlöschen, in welcher durch Verbrennen von Kohlen der Kohlensäuregehalt auf 4 pCt. gestiegen war.

Nach Taylor brennen Lichtflammen bei 10 pCt. Kohlensäure noch hell, düster bei 12,5 pCt., erlöschen bei 15 pCt.

Nach Dr. Aloys Wehrle (Ueber Grubenwetter. Wien 1835) beträgt der Sauerstoffgehalt der Luft, in welcher ein Licht ausgeht, aber eine gewöhnliche Grubenlampe noch brennt, 16—18 pCt., wenn diese ausgeht und eine Argand'sche Lampe noch brennt, unter 16 pCt., wenn auch diese ausgeht: 14 pCt.

In Bezug auf den Kohlensäuregehalt führt er an: bei 10 pCt. Kohlensäure erlöschen die Lichter, zwischen 5—8 pCt. brennen sie schlecht.

Als Beleuchtungsmaterial dienen in den Gallerien Oel- (Sicherheits-) Lampen und Stearinkerzen (Stearin und Palmitinsäure). Zunächst wird durch die Entzündungstemperatur das Material in brennbare Gasarten, Kohlenwasserstoff und Kohlenoxyd, zersetzt, diese Gase bilden den inneren dunkeln Kegel der Flamme. Der Sauerstoff verbindet sich unter der erhöhten Temperatur am Rande desselben zuerst mit dem Wasserstoff; die dadurch entstehende Wärme versetzt höher hinauf die festen Kohlentheilchen in Weissglühhitze und erzeugt die leuchtende Hülle. In der blauen unteren Hülle sind Sauerstoff und Kohlenstoff noch nicht genug erhitzt, um sich zu verbinden, die Verbindung findet höher hinauf bei Ueberfluss von Sauerstoff zu Kohlensäure statt. Ist die Verbrennung einmal eingeleitet, so wird in den meisten Fällen dadurch soviel Wärme entwickelt, als ihre Fortsetzung erfordert.

Das Verlöschen der Kerzen erfolgt in den Gallerien entweder plötzlich oder allmälig; plötzlich durch den Luftzug, welcher in Folge des Stosses der Verbrennungsgase nach einer Explosion auf die Luft in der Gallerie ausgeübt wird. Die Grösse und Schnelligkeit des Luftstroms kühlt die Flamme in diesem Falle so bedeutend ab, dass ihre Temperatur unter den Grad fällt, welcher zur Verbrennung des Wasserstoffs erforderlich ist (300° C.).

Allmälig erlöschen die Kerzen durch die Abnahme des Sauerstoffgehalts der Luft; die Menge der mit dem Sauerstoff zugleich zur Flamme tretenden, nicht brennbaren Gase, Stickstoff, Kohlensäure, Wasserdampf, wird alsdann so gross, dass die entwickelte Wärme nicht hinreicht, diese

und den damit gemischten Sauerstoff zu 300° C. zu erhitzen. Die Leuchtkraft der Flamme nimmt gleichzeitig ab, da die in der Flamme schwebenden Kohlentheilchen nicht mehr bis zur Weissglühhitze erwärmt werden. Die Flamme wird düster. Gleichzeitig wird mit dem steigenden Kohlensäure- und Wasserdampfgehalt der Luft die Wärmestrahlung der Flamme zum Brennmaterial vermindert und die Zersetzung desselben in brennbare Gase wird unterbrochen.

Für die Schätzung des Kohlenoxydgehalts der Minenluft kann hiernach das Brennen oder Verlöschen der Kerzen keinen Anhalt bieten. Durch das allmälige Verlöschen der Kerzen in den Gallerien wird jedoch eine Verminderung des Sauerstoffs in der Luft bis zu 19 pCt. und darunter und eine Steigerung des Kohlensäuregehalts bis zu 1,70 pCt. und darüber angezeigt. Dass eine solche Luft noch eine längere Zeit, ohne Krankheitserscheinungen zu veranlassen, das Athmen unterhalten kann, geht daraus hervor, dass in der Luft der Kolben IX und X Erkrankungen nicht vorkamen und zeigt besonders der Fall des Gefreiten Fischer (No. 41 der Tabelle), welcher noch 1 Stunde lang nach dem Erlöschen der Lichter in einer Gallerie ohne Beschwerde arbeitete. Bei länger fortgesetzter Arbeit treten indess die bei dem Falle geschilderten Krankheitserscheinungen ein.

Das allmälige Verlöschen der Kerzen macht deshalb ein baldiges Zublasen frischer Luft zu der entsprechenden Stelle der Gallerie erforderlich, wobei der projectirte Klappenverschluss des Ventilationsrohres gute Dienste leisten würde.

In den russischen Minen besteht der Befehl, die Gallerie bei dem Erlöschen der Kerzen sofort zu verlassen. Bei einem guten Ventilationssystem würde indess eine Unterbrechung der Arbeit nicht geboten sein.

c. Der Klingelapparat. Da zur Zeit der Mineur-Uebungen bei Graudenz die Zusammensetzung der Minenluft nach einer Explosion nicht genau bekannt war, da namentlich ein viel höherer Gehalt derselben an Kohlenoxyd, welches etwas specifisch leichter als atmosphärische Luft ist, vermuthet wurde, so erschien es möglich, wenngleich wenig wahrscheinlich, den auf verschiedener Diffusionsgeschwindigkeit der Gase von verschiedenem specifischen Gewicht durch eine poröse Scheidewand beruhenden englischen Klingelapparat zur Schätzung des Kohlenoxydgehalts der Minenluft verwerthen zu können. Ein in Berlin bestellter Apparat kam indess in Graudenz erst nach Beendigung des Minenkriegs an, so dass eine Prüfung desselben in den Gallerien nicht stattfinden konnte. Bei den späteren Vergiftungsversuchen an Thieren mit Luft von einer Zusammensetzung, die Minenkrankheit nach dem Ergebniss der

Gasanalysen der in den Graudenzer Minen gefüllten Kolben hervorrufen konnte, wurde der Klingelapparat mit den Thieren unter die oben beschriebene Glasglocke gesetzt, doch zeigte es sich, dass ein Thier (Meerschweinchen) nach Einleiten von Kohlenoxyd in die Glasglocke viel eher unter Convulsionen umstürzte, sogar an Kohlenoxydvergiftung starb, ehe der Apparat überhaupt klingelte.

Die geringe Verschiedenheit des specifischen Gewichts des Kohlenoxyds von der atmosphärischen Luft (0,967 : 1) und der geringe Kohlenoxydgehalt der Minenluft machen den Apparat für den beabsichtigten Zweck unbrauchbar. Für den Nachweis des Leuchtgases erweist sich derselbe dagegen sehr empfindlich.

d. Prüfung der Minenluft durch Thiere. Die durch Vergiftungsversuche mit Kohlenoxyd an Thieren bekannt gewordene Empfindlichkeit der Vögel gegen dieses Gift und die Möglichkeit mit Hülfe des Stückradt'schen Apparates verdächtige Gallerien ohne erhebliche Gefahr zu betreten, gaben die Veranlassung zu den Versuchen, die Beschaffenheit der Minenluft durch ihre Einwirkung auf den thierischen Körper zu prüfen.

Es wurden zu diesen Experimenten Tauben benutzt:

Versuch 1. Eine Taube wurde mit Hülfe des Athmungsapparates vom 8/8. Nachts nach Branche C. der Gallerie II. gestellt. Durch Quetscher No. I. war die Gallerie an demselben Tage mit Pulvergasen in hohem Grade inficirt. Die Taube wurde nach 3 Stunden gesund herausgeholt. Die Arbeit wurde darauf in der Gallerie aufgenommen und Niemand erkrankte bei derselben.

Versuch 2. Dieselbe Taube wurde am 9/8. Nachmittags 3 Uhr nach Ecoute e der Gallerie II. (Ort der Quetschmine No. I.) gestellt, blieb daselbst 5 Stunden gesund. Bei der nun folgenden Aufräumung der Verdämmung erkrankte Niemand.

Versuch 3. Ecoute f der Gallerie III. war am 12/8. in Folge der Sprengung des Trichters II. am 11/8. verdächtig. Eine Taube wurde Nachmittags dorthin gestellt, blieb $1^1/_2$ Stunden gesund. Die Arbeiter erkrankten in dieser Ecoute nicht.

Versuch 4. In der Teteneoute der Gallerie III., im Erschütterungskreise des Trichters II. war am 12/8. Pionier Eckel $3^1/_2$ Uhr Nachmittags schwer erkrankt. $^1/_4$ Stunde später wurde eine Taube dorthin gestellt. $^3/_4$ Stunden später wurde sie todt gefunden. Beim Hineinbringen und Herausholen erkrankten 3 Mann leicht. Das Blut der Taube enthielt Kohlenoxyd. (cf. Kolben VI.)

Versuch 5. Am 15/8. Vormittags wurde Quetschmine 8 in Ecoute m. Gallerie II. gesprengt. In die stark nach Schwefelwasserstoff riechenden, dem Eingang der Gallerie entströmenden Gase wurde eine Taube gestellt. Der Tod erfolgte nach 2 Minuten unter Convulsionen. In dem Blute derselben wurde Kohlenoxyd nachgewiesen. (cf. Kolben I.)

Versuch 6. In der Teteneoute der Gallerie III., in welcher bereits am

12/8. vier Mann erkrankt waren und eine Versuchstaube todt gefunden wurde, war am 13/8. Morgens trotz fortgesetzter Ventilation die Luft noch schlecht und Pionier Kluge (No. 13 der Tabelle) erkrankte daselbst schwer. Es wurde deshalb vor Ort um 9 Uhr eine Taube im Bauer hingestellt. Pionier Johne (No. 15 der Tabelle) erkrankte nach 1/4 stündiger Arbeit ebenfalls schwer. Die Taube vor ihm lebte noch. Unterofficier Voigt trat um 10 3/4 Uhr an seine Stelle, um eine Quetschmine (No. 4) zu laden. Er fand die Luft schlecht und fühlte nach 1/4 Stunde Kopfschmerz, Schwindel und Uebelkeit, lief deshalb schnell heraus und schien wie betrunken (No. 16 der Tabelle). Als er die Gallerie verliess, war die Taube noch munter. 11 Uhr 20 Minuten wurde sie todt gefunden. Ihr Blut enthielt Kohlenoxyd.

Dieser letzte Versuch erschüttert die practische Verwerthbarkeit der Thiere zur Prüfung der Minenluft, während Versuch 4 und 5 sie bestätigen. Das negative Resultat des 6. Versuches ist dadurch zu erklären, dass die beim Aufarbeiten des Bodens schichtweise demselben entströmenden Gase bei geringer Differenz ihres specifischen Gewichts von der atmosphärischen Luft nur langsam in dieselben diffundiren, so dass die am Boden stehende Taube erst spät von ihnen erreicht wurde. Es scheint deshalb bei der übrigens empfehlenswerthen Prüfung der Luft mit Thieren nothwendig, die Luft von Zeit zu Zeit durch Schwenken mit Tüchern oder Baumzweigen zu mischen.

### 8. Rettung bei Unglücksfällen.

Ohne zuverlässige Athmungsapparate und einen genügend wirksamen Ventilator wird die Rettung Verunglückter aus langen und verzweigten Gallerien immer ein Wagniss bleiben, dessen Gelingen vom Zufall abhängt.

Mag es sich nun um Rettung einzelner Verunglückter handeln, die vor Ort, namentlich beim Aufarbeiten eines mit Pulvergasen durchsetzten Bodens der plötzlichen Einwirkung giftiger Gase erlegen sind, oder ist es in unmittelbarer Folge einer Explosion, welche plötzlich eine ganze Gallerie mit Pulvergasen anfüllt, zu Massenerkrankungen schwerer Art gekommen, in jedem Falle thut eine schnelle Hülfe Noth, da die Gefahr mit der Dauer der Einwirkung der giftigen Gase steigt.

Die Athmungsapparate, von denen zwei auch bei kleineren Uebungen auf Seiten des Vertheidigers vorhanden sein sollten, müssen desshalb vor allen Dingen während der Dauer der Arbeit stets zum sofortigen Gebrauch bereit gestellt sein.

Nicht immer sind in derselben Ecoute zugleich mehrere Mannschaften beschäftigt, die einander in der Gefahr beistehen können, oder sie können auch sämmtlich zu gleicher Zeit erkranken.

Damit kein Unglücksfall längere Zeit unentdeckt bleibt und damit schleunigst Hülfe bei der Hand ist, dürfte es sich empfehlen, einen regel-

mässigen Apparatendienst in den Gallerien einzurichten, in der Weise, dass ein mit Apparat ausgerüsteter Mann während der Dauer der Arbeit beständig in der Gallerie stationirt ist, mit dem Befehl, sich stets des Athmungsapparates, auch in völlig reiner Luft, zu bedienen und die einzelnen Arbeitsstellen im Wechsel zu revidiren. Die Ablösung würde in einer dem bekannten Luftvorrath des Apparates entsprechenden Zeit erfolgen. Der zweite Apparat wird vor der Gallerie von seinem Träger bereit gehalten. Zur ferneren Ausrüstung eines Apparatenträgers dürfte eine Leine zweckmässig sein, welche an einem Ende 2 gepolsterte Schlingen hat, um dieselben im Nothfall über die Arme bis zu den Schultergelenken des Verunglückten zu führen, damit derselbe, das Gesicht nach oben, ohne erhebliche Beschädigung aus dem Schurzholz gezogen werden kann. In den russischen Vertheidigungsgallerien sind Schnüre angebracht, durch deren Zug von der Gallerie nach aussen Zeichen gegeben werden können und umgekehrt.

Würden solche Züge auch in den diesseitigen Vertheidigungsgallerien, wenigstens in der Hauptgallerie, angenommen, so würde es dem Apparatenträger im Nothfall, wenn er allein mit einem Rettungswerk nicht zu Stande kommen kann, leicht werden, sich von aussen ohne Zeitverlust Unterstützung herbeizurufen. Bei einem Massenunglück, wo eine schnelle Herausbeförderung Vieler selbst von 2 Apparatenträgern nicht zu bewirken ist, würde es vor Allem auf schnelle Entleerung der Gase aus den Gallerien oder dem besonders gefährdeten Theile derselben durch Aussaugen ankommen. Der Apparatenträger hätte hier, um die Wirkung des Ventilators zweckmässig zu leiten, eventuell an entsprechender Stelle das Ventilationsrohr zu durchschlagen. Findet sich an dem Ventilationsrohre ein Klappenverschluss, so würde derselbe zur rascheren Wirkung des Ventilators durch Abschluss nicht betheiligter Branchen zu verwenden sein. Erst nach mehrmaligem Aussaugen des bedrohten Galleriestückes sollte unter Zublasen frischer Luft eine allgemeine Betheiligung an der Rettung gestattet sein.

Für die kurzen Gallerien des Angreifers werden in Ermangelung eines ausreichenden Ventilators ein Athmungsschlauch mit Maske und Klappen zur Ein- und Ausathmung nach englischem Muster und eine Schulterschlinge zur Rettung Verunglückter ausreichend sein.

Die Apparatenträger würden durch einen Arzt des Pionier-Bataillons zweckmässig mit den Erscheinungen der Minenkrankheit, sowie mit den Handgriffen bei dem Aufnehmen und dem Transport der Verunglückten in den Gallerien bekannt zu machen sein.

## 7. Statistisches über die Graudenzer Minen-Erkrankungen.

### I.

Uebersicht der Erkrankungen nach Zeit, Partei, Ort und Minenereigniss.

| Zeit der Erkrankung. | Angreifer. | Vertheidiger. | Ort der Erkrankung. | Minenereigniss mit der Erkrankung im Zusammenhang. |
|---|---|---|---|---|
| 8. August Mittags. | — | 22 | Gallerie II. | Catastrophe Quetscher Nr. I. mit 119 Kilo Pulverladung gezündet 11 h. 40 m. in Ecoute e. Nach etwa 5 Minuten Betreten der Gallerie ohne Ventilation. |
| 9—10. Aug. Mitternacht. | 5 | — | Umgebung d. Tricht. I. | Trichter Nr. I., Ladung 2000 Kilogr., gesprengt am 9. 8. Mittags 12 Uhr |
| 12. August. 3—6 Uhr Nachmit. | — | 5 | Gallerie III. | Trichter Nr. II. am 11. 8. Abends 10 Uhr mit 2000 Kilogr. von Gallerie 8 gegen Gallerie III. gesprengt. |
| 13. August 10¾ Uhr Vormittags, 8 Uhr 10 M. Abends. | 4 | — | Galler. XIII. | Gallerie 13 im Trichter Nr. III., der am 12. 8. 11 Uhr 45 Minuten Vormittags, mit 2000 Kilogr. gesprengt. |
| 13. August 11 Uhr 45 M. Morgens. | 1 | — | Gallerie XI. | Im Bereich des Trichters Nr. II. vom 11. 8. |
| 13. August 5 Uhr Morg. bis 3 Uhr 30 Minuten Nachmit. | — | 5 | Gallerie III. | dito. |
| 13. August 7 Uhr Ab. | — | 3 | Gallerie I. | Im Bereich des am 12. 8. gesprengten Trichters Nr. III. |
| 13. August 9 Uhr 10 M. Abends. | 1 | — | Galler. XIII. | dito. |
| 13. August 10 Uhr 30 M. Abends. | — | 1 | Gallerie III. | Bereich des Trichters Nr. II. vom 11. 8. |
| 13. August Nachts. | — | 3 | Gallerie I. | Bereich des Trichters Nr. III. vom 12. 8. |
| 14. August 1 Uhr Mor. | 8 | — | Galler. XVII. XIII. und XIV. | Bereich des Quetschers Nr. 4 vom 13. 8. in Tetenecoute der Gallerie III., 150 Kilo Ladung. |

| Zeit der Erkrankung. | Angreifer. | Vertheidiger. | Ort der Erkrankung. | Minenereigniss mit der Erkrankung im Zusammenhang. |
|---|---|---|---|---|
| 14. August 7 Uhr Morg. | — | 1 | Gallerie III. | Bereich des Quetschers Nr. 4 vom 13. 8. in Tetenecoute der Gallerie III., 150 Kilo Ladung. |
| 14. August $7^3/_4$—9 h. 20 m. Morgens. | 3 | — | Gallr. XVII. | dito. |
| 14. August $8^1/_2$ h. Morg. | — | 1 | Gallerie I. | Bereich des Trichters No. III. vom 12. 8. |
| 14. August 9 h. 30 m. Morgens u. Tags. | 3 | — | Galler. XVI. | Gallerie 16 liegt neben einer durch Quetschmine am 13. 8. Mittags gestörten Gallerie. |
| 14. August 10 h. Morg. | — | 1 | Gallerie I. | Bereich des Trichters No. III. vom 12. 8. |
| 14. August 11 h. 25. m. Morgens. | — | 1 | Gallerie III. | In der Nähe einer Quetschmine. |
| 16. August $6^3/_4$ Uhr Morgens. | 1 | — | Gallerie XX. | Bereich des Quetschers No. 7 vom 15. 8. Vormittags $9^1/_2$ Uhr in Gallerie III. (Gallerie vor Beginn der Arbeit nicht ventilirt.) |
| 16. August 7 Uhr Morg. | 2 | — | dito. | dito. (Ventilationsröhre gebrochen.) |
| 16. August 9 h 30 m. Morgens. | 1 | | GallerieXXI. | Terrain des Quetschers No. 1 vom 8. 8. und in No. 8 vom 15. 8. in Gallerie II. |
| 19. August 1—5 h. Mor. | — | 7 | Gall. I.—1.<br>„ II.—4.<br>„ III.—2. | Bereich des Quetschers No. 12 (Gallerie nicht ventilirt) in Tetenecoute I. vom 18. 8. |
| 19. August 2 h. 25 m. Nachmitt. | 1 | — | Galler. XXI. | Bereich des Quetschers No. 8 vom 15. 8. in Gallerie II. |
| 19. August 2 h. 30 m. Nachmitt. | 1 | — | Gallerie XV. | Bereich des Quetschers Nr. 13 in Gallerie I. am 19. 8. 9 Uhr Vormittags. |
| Minensprengungen vom 8. 8. b. 21. 8. | 31 | 50 | | |

In Summa 81 Erkrankungen.

## II.
## Summa der Erkrankungen nach Tagen und Parteien incl. Catastrophe.

| Datum. | Angreifer. | Vertheidiger. | Summa. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 8. August. | — | 22 | 22 | Catastrophe. |
| 10. „ | — | 5 | 5 | |
| 12. „ | 5 | — | 5 | |
| 13. „ | 6 | 12 | 18 | |
| 14. „ | 14 | 4 | 18 | |
| 16. „ | 4 | — | 4 | |
| 19. „ | 2 | 7 | 9 | |
| Summa: | 31 | 50 | 81 | Vier Mann sind 2 mal erkrankt. |

## III.
## Summa der Erkrankungen nach Graden an den einzelnen Tagen excl. Catastrophe.

| Datum. | Leichte Fälle (unvollkommene Narkose). | Schwere Fälle (vollkommene Narkose ohn. u.m.Krämpf.) | Summa. | Bemerkungen. |
|---|---|---|---|---|
| 10. August. | 2 | 3 | 5 | |
| 12. „ | 4 | 1 | 5 | |
| 13. „ | 9 | 9 | 18 | |
| 14. „ | 13 | 5 | 18 | |
| 16. „ | 2 | 2 | 4 | |
| 19. „ | 2 | 7 | 9 | |
| Summa: | 32 | 27 | 59 | Die Catastrophe am 8. 8. umfasste 22 Fälle. 59 + 22 = 81. |

## IV.
## Grade der Erkrankungen in der Vertheilung auf die Parteien excl. Catastrophe (22).

| Grade der Erkrankungen. | Angreifer. | Verthei-diger. | Summa. |
|---|---|---|---|
| Leichte Fälle . . . . . . . . . . | 23 | 9 | 32 |
| Schwere Fälle . . . . . . . . . . | 8 | 19 | 27 |
| Summa: | 31 | 28 | 59 |

## V.
## Mortalität.

Inclusive Catastrophe 81 Erkrankungen, darunter 7 Todesfälle, Mortalität = 8%
Exclusive Catastrophe 59 Erkrankungen, darunter k. Todesfall, Mortalität = 0%

## Anlagen.

Anlage I.

**Bericht des Assistenzarzt Dr. Evers im Königlich Sächsischen Train-Bataillon No. 12 über den Unglücksfall am 8. August 1873.**

Am 8. August 1873 hatte ich Gelegenheit hierselbst bei Abgabe des ersten Quetschers im Contraminensystem 22 Minenkranke — davon zwei Drittel sehr schwere Fälle und 7 mit tödtlichem Ausgang — zu sehen und zu behandeln. Ich gebe nachstehend meine Beobachtungen, will aber im Voraus bemerken, dass — da ich während der ersten 2 Stunden allein und nur von 2 Lazarethgehülfen unterstützt thätig sein musste und da erst zu einer späten Zeit, wo schon die meiste und schwerste Arbeit gethan war, mehr Aerzte zu meinem Beistand herbeikamen — ich nicht Musse hatte eine exate Anamnese zu erheben und eine den Anforderungen strenger Wissenschaftlichkeit entsprechende, genaue Beobachtung der Symptome anzustellen.

Leider konnte ich auch nur sehr ungenau die Zeit bestimmen, während welcher die Kranken, die grösstentheils dem 2. und 5. Königlich Preussischen Pionier-Bataillon angehörten, den Minengasen ausgesetzt waren. Ich schicke voraus, dass es sich um die erste zu sprengende Mine handelte, wo also noch nicht durch voraufgegangene Sprengungen das Erdreich aufgelockert und dadurch ein schnelleres Entweichen der Gase ermöglicht war, und dass kaum 5 Minuten nach der Sprengung schon die Mine betreten wurde. Während bei den ersten Kranken von dem Augenblick an, wo sie in die Gallerie hineingingen, bis zu der Zeit, wo sie besinnungslos herausgeschafft wurden, nicht ganz 10 Minuten verstrichen, währte es bei den letzten Kranken $1^1/_2$—$1^3/_4$ Stunden. Ich glaube nicht allzusehr zu irren, wenn ich sage, dass die Leute, die länger als $^3/_4$ Stunden in der Mine gewesen waren, theils todt, theils sterbend herausgeschafft und auch nicht wieder in's Leben zurückgebracht wurden. Jedenfalls liess sich die Thatsache constatiren, dass im directen Verhältniss zu der Zeit, welche die Kranken in der Mine zugebracht hatten, auch die Intensität der Erscheinungen zunahm.

Einzelne Kranke gaben an, dass sie plötzlich einen unangenehm süsslichen Geschmack im Munde und etwas Schwindel gefühlt hätten und dass dann momentan das Bewusstsein fort gewesen sei. Die meisten konnten sich nur entsinnen, dass sie in die Mine hineingegangen seien; was dann mit ihnen geschehen sei, wussten sie absolut nicht. Dass die eingeathmete Luft sich durch

Geruch oder Geschmack als schlecht erwiesen hätte, hatte Niemand gespürt. Die Kranken, wie sie unmittelbar aus der Mine zu mir gebracht wurden, boten durchgehends folgenden Anblick: Sie waren besinnungslos, die Augen geschlossen, die Glieder hingen schlaff hernieder, die Muskeln waren weich und nicht contrahirt, der Mund zwar geschlossen, aber leicht zu öffnen. Bei Allen fand sich eine auffällige Ruhe in der Körperhaltung und im Gesichtsausdruck. Die Farbe des Gesichts und der ganzen Haut war blass, die der Lippen und Fingerspitzen blau. Die Temperatur der Haut war herabgesetzt; bei Zweien — und zwar bei denen, die zuerst herausgekommen und nur einige Minuten in der Mine gewesen waren — legte ich das Thermometer in die Achselhöhle und las ab 35,8° und 36,1° C. Die Athmung war langsam und oberflächlich (ich zählte 5 und 8 Züge in der Minute); bei den schwersten Kranken war gar keine Athmung wahrnehmbar. Der Puls war bei den ersten Kranken klein, hart und langsam (ich zählte 56, 66 und 70 in der Minute), in den schwereren Fällen war er entweder fadenförmig klein und langsam, oder aber gar nicht, selbst nicht mehr an der Carotis, zu fühlen. Die Pupillen waren weit und reagirten nicht gegen Licht. Ein Exanthem auf der Haut fand sich in keinem der Fälle. Bei mehreren Kranken war unwillkürlicher Abgang der Excremente erfolgt. Ein grosser Theil hatte sich beim Hinschlagen Contusionen zugezogen; einzelne hatten sich die Lippen oder Zunge zerbissen und in Folge dessen blutigen Speichel im Munde. Mehrere Kranke sollen nach Aussage der Träger in Krämpfen da gelegen haben; ich habe dies nicht mehr beobachten können. — Von diesem Bilde machte nur ein einziger eine Ausnahme. Derselbe hatte stark geröthetes Gesicht, war am Körper warm; die Zähne waren fest zusammengebissen, die Muskeln des Gesichts und namentlich die Masseteren hart und contrahirt; die Extremitäten waren krampfhaft flectirt. Der Puls voll, hart und langsam; der Brustkasten war im Zustande der tiefsten Inspiration, Athembewegungen nicht vorhanden. Trotz der schweren Symptome und trotzdem dieser Kranke länger als eine halbe Stunde in der Mine gelegen hatte, erholte er sich verhältnissmässig sehr schnell; auf Besprengen mit Wasser kam die Respiration und Herzthätigkeit in Gang, das Bewusstsein kehrte schnell wieder und er leistete mir noch bei den Rettungsversuchen der letzten Kranken hülfreiche Hand. —

Einen Geruch nach Schwefelwasserstoff konnte ich nicht wahrnehmen, trotzdem ich mich sehr dicht über das Gesicht der meisten Kranken beugte und bei einzelnen selbst das Einblasen von Luft von Mund zu Mund vornahm. Die vergoldeten Degenbeschläge der Officiere, die unter dem Einfluss der Gase in der Mine gelegen hatten, waren dunkelblau und schwarz angelaufen. —

Je nach dem nun die Wiederbelebungsversuche von Erfolg waren, traten folgende Veränderungen ein: Da, wo noch Athemzüge vorhanden waren, wurden dieselben allmälig tiefer, ergiebiger und bedeutend vermehrt und sanken meistens erst bei eintretender völliger Besserung auf die normale Frequenz; bei den Kranken, die keine Athmung erkennen liessen und bei denen die geleistete Hülfe überhaupt noch Erfolg hatte, traten vereinzelte und in längeren Pausen auf einander folgende, schnarchende und sehr tiefe Athemzüge ein, die nach und nach häufiger wurden und dabei an Tiefe verloren, bis sie schliesslich nur noch von gewöhnlicher Stärke waren. Der Puls wurde voller, schneller, überstieg dann in den meisten Fällen die normale Frequenz um ein

Bedeutendes und hielt sich noch längere Zeit auf der abnormen Höhe. Mit der Zunahme der Herz- und Lungenthätigkeit wurde die Haut warm und schwitzend und das Bewusstsein kehrte wieder. Die Leute klagten dann über heftige Kopfschmerzen und namentlich in der Stirn, einzelne über ein Gefühl von Angst, Beklemmung und Dyspnoe, andere über Uebelkeit und Brechneigung; in zwei Fällen kam es zu reichlichem Erbrechen. Etwas langsamer als das Bewusstsein kehrten Motilität und Sensibilität zurück; selbst wenn die Leute schon wieder völlig bei Besinnung waren und vernünftig antworteten, reagirten sie nur auf sehr heftiges Kneipen, Stechen u. dgl. und waren entweder gar nicht, oder nur sehr unvollkommen im Stande, complicirte Bewegungen vorzunehmen.

Die Zeit, innerhalb welcher sich die Kranken erholten, schwankte sehr nach der mehr oder weniger langen Einwirkung des Gases; die ersten waren schon nach etwa 10 Minuten wieder bei Bewusstsein, bei den schweren Kranken bedurfte es dagegen 1—1½ Stunden.

Von den 7 Leuten, die zuletzt herausgeschafft wurden, gelang es nur bei einem die Herz- und Lungenthätigkeit wieder in regelrechten Gang zu bringen, nicht aber das Bewusstsein wiederkehren zu lassen; er starb am folgenden Tage. Bei den übrigen 6 waren die angestellten Rettungsversuche ganz erfolglos; es traten keine Athemzüge mehr auf, der Puls wurde — wenn er überhaupt noch fühlbar war — aussetzend und hörte zuletzt ganz auf.

Was die angewendeten Mittel betrifft, so wurden alle Kranken in die frische Luft geschafft und im Minen-Lazareth mit leicht erhobenem Kopfe auf die Lagerstätten gelegt. Alle beengenden Kleidungsstücke, wie Waffenrock, Halsbinde, Hemde, Unterhosen, Stiefel und Strümpfe wurden aufgemacht bezw. entfernt. Darauf liess ich Gesicht, Nacken und Herzgrube mit Wasser und Essig besprengen, die Haut tüchtig frottiren und Salmiak vor Mund und Nase halten. Sah ich hiervon nicht bald Erfolg, so versuchte ich das Einblasen von Luft, von Mund zu Mund, und liess die künstliche Respiration machen, mittelst Aufheben und Sinkenlassen der Arme, Zusammendrücken des Brustkastens und — wo es nöthig war — Aufhalten des Mundes und Vorziehen der Zunge. Den zum Bewusstsein zurückgekehrten Kranken wurde Rum, Selterwasser, Champagner u. s. w. eingeflösst.

Leider konnte ich bei meinen Rettungsversuchen die Electricität nicht anwenden, da der einzig vorhandene Apparat durch eine eigenthümliche Verkettung von Umständen erst zu meiner Disposition gelangte, als es schon viel zu spät war. Ebenso wenig konnte ich die von mir in Aussisht genommene Transfusion anstellen, weil sich ein dazu geeigneter Apparat oder auch nur eine brauchbare Spritze nicht verschaffen liess. Aderlässe, die ein College an zweien der zuletzt herausgeschafften Kranken vornahm, waren ohne Erfolg: es kam kein Blut mehr.

Die Leichen, sowie die noch Lebenden wurden der vom Königlich Preussischen Kriegs-Ministerio zur Beobachtung der Minenkrankheit hierher gesendeten Commission übergeben, womit meine Beobachtungen ihr Ende erreichten.

Graudenz, am 15. August 1873.

Dr. Evers,
Assistenzarzt im Königlich Sächsischen Train-Bataillon Nr. 12, zur Zeit commandirt zum Königlich Sächsischen Pionier-Halb-Bataillon Nr. 12 in Graudenz

Anlage II.

Bericht der 1. Ingenieur-Inspection über den Unglücksfall am 8. August 1873, welcher sich bei Gelegenheit des ersten Quetschers während der grossen Belagerungsübung bei Graudenz ereignete.

Am 8. August, Vormittags 11 Uhr 40 Minuten, war von Seiten des Vertheidigers gegen die Angriffsgallerie VI. aus Ecoute e, Gallerie II., der erste Quetscher mit 119 Kilo Ladung abgegeben worden und hatte Hauptmann Kutzbach, Commandeur der Minenvertheidigung, trotz seiner eigenen besseren Ueberzeugung und nachdem er noch kurz zuvor das Betreten der Gallerie II. aufs Strengste verboten hatte, von übergrossem Eifer getrieben, ungefähr 5 Minuten nach abgegebenem Schuss dennoch die Gallerie, freilich mit der Vorsicht betreten, dass er den Sergeanten Meissner des Garde-Pionier-Bataillons, welchen er vorher ausdrücklich gefragt hatte, ob er sich auch getraue, mit einem Respirationsapparat versehen, die Minen zu betreten, durch einen solchen ausgerüstet, mitnahm.

Sergeant Meissner, welcher auf eine Aufforderung des Hauptmann Kutzbach die Luft im Respirationsapparat zu schonen, weder den Schlauch desselben in den Mund genommen, noch den Hahn am Tornister geöffnet hatte, was wegen der anfänglich in der Gallerie befindlichen noch guten Luft, in welcher sogar die Lichter noch brannten, auch nicht gerade nothwendig erschien, ging nun gefolgt von Hauptmann Kutzbach in die Gallerie. Einige Officiere schlossen sich gleich darauf an. Nach wenigen Schritten kehrten sie jedoch wieder um, da sich plötzlich schlechte Luft bemerkbar machte. Hierbei ging 1 Sergeant und 1 Pionier des 5. Bataillons an ihnen vorbei, welche sich dem Hauptmann Kutzbach anschlossen. Beim Entree der Gallerie wieder angekommen, hörten die Officiere plötzlich den Ruf „Leute herein, Leute herein" und den Ausspruch des eben an ihnen vorbeigegangenen Sergeanten „da ist schon Einer minenkrank". Die Lichter verlöschten, doch wurden sofort etliche am Minen-Entree befindliche Leute in die Gallerie hineingeschickt. Einige derselben brachen bald in der schlechten Luft zusammen, Andere kamen bereits minenkrank schleunigst zurück. Man schickte darauf von Neuem andere Mannschaften in die Gallerie, um die zuletzt Umgefallenen herauszutragen. Dies gelang denn auch mit Wenigen, welche nicht weit vom Entree gefunden wurden. Dieselben wurden als minenkrank in das Lazareth gebracht, doch stellte es sich später heraus, dass auch unter diesen sich 2 Todte oder doch wenigstens im Sterben Liegende schon befanden.

Hauptmann von Nowag-Seeling, welcher den Dienst hatte, bis jetzt aber anderweitig beschäftigt gewesen war, und von der ganzen Sachlage noch nichts wusste, kam nun hinzu, um nach kurzer Orientirung die nöthigen Massregeln zum Retten der in die Gallerie zuerst Hineingedrungenen zu bewirken. Im Eifer zu handeln, lief auch er in die Gallerie, stürzte aber nach etwa 18 bis 20 Schritt bewusstlos nieder. Auf seinen Befehl war zuvor mit der Ventilation der Gallerie begonnen werden.

Hauptmann von Kleist, welcher zufällig anwesend, unternahm nun seiner-

seits persönlich die weiteren Rettungsversuche. Nachdem sich derselbe mit einer Laterne versehen hatte, ging er, freiwillig gefolgt von dem Oberlazarethgehilfen Quandt des Pommerschen Pionier-Bataillons Nr. 2 und ebenso wie dieser ohne jedes Schutzmittel, in die Gallerie, schleppte persönlich den Hauptmann v. Nowag-Seeling heraus und brachte nach wiederholtem Eindringen mit Hülfe eines Pioniers, der mittlerweile einen Respirationsapparat umgeschnallt hatte, und des Oberlazarethgehilfen Quandt noch einen Pionier, schliesslich auch den Hauptmann Kutzbach aus der Gallerie. Hierauf wurde aber Hauptmann v. Kleist selbst so minenkrank, dass er stundenlang bewusstlos unter ärztlicher Hülfe zubrachte.

Das Herausschaffen der übrigen Verunglückten wurde nach und nach von 2 mit Respirationsapparaten ausgerüsteten Pionieren ausgeführt und stellte es sich heraus, dass vor Hauptmann Kutzbach noch der Sergeant und der Pionier des 5. Bataillons lagen, welche dem an der Ecoute, wo der Schuss abgegeben war, liegenden Sergeanten Meissner, der wahrscheinlich zuerst den Pulvergasen erlag, hatten zu Hülfe eilen wollen.

(gez.) v. Braun,
Generalmajor und Inspecteur der 1. Ingenieur-Inspection.

---

Anlage III.

## Bericht des Professor Finkener über die Graudenzer Mineurübung im August 1873 nebst Gasanalysen.

Durch die Verfügung der Militair-Medicinal-Abtheilung des Kriegsministeriums als Chemiker zum Mitglied der zur Untersuchung des Wesens der Minenkrankheit eingesetzten Commission bestimmt, richtete ich mein Augenmerk vor Allem auf Ausfüllung der Lücke, welche die früheren Untersuchungen über diesen Gegenstand gelassen haben. Es schien mir nothwendig zu sein, die Luft, durch deren Einathmen die Minenkrankheit herbeigeführt wird, chemisch zu untersuchen. Zur Beseitigung der Schwierigkeiten, die das Sammeln der Gase durch Leitungen bieten würde, und die dasselbe bei den früheren Untersuchungen vereitelt haben, gedachte ich luftleere Gefässe in dem Raume, dessen Luft gesammelt werden sollte, zu öffnen. Ich wählte dazu kugelförmige Glasgefässe von ungefähr 1200 c. c. Inhalt mit etwa 200 mm. langem sich bis 15 mm. verengendem Halse, an dem eine kurze Glasröhre mit einem Glashahn angeschmolzen wurde. Derartige Gefässe, nur nicht aus einem Stücke, hatte ich schon im Sommer zum Aufsammeln von Wasser mit den darin befindlichen Gasen benutzt, und mich überzeugt, dass der Verschluss, auch nach mehrmals wiederholtem Oeffnen, dicht hält, wenn nur der Hahn gut eingeschliffen ist und passend geschmiert wird.

In der kurzen Zwischenzeit bis zum Beginn der Mineur-Uebung erhielt ich von 36 bestellten Kolben nur das erste Drittel. Dieselben wurden nach

einander vermittelst einer Quecksilberluftpumpe vollständig ausgepumpt und in einer Kiste sorgfältig verpackt mit nach Graudenz genommen.

Wird der Hahn eines leeren Kolben aufgedreht, so hört man ein kurzes Geräusch und in etwa 2 Secunden ist der Kolben gefüllt mit dem Gase, welches sich in der Umgegend der Oeffnung befand. Nach einer Vierteldrehung des Hahns findet sich das Gas abgesperrt in einem ganz von Glas umschlossenen Raume. Wegen der geringen Anzahl der zur Disposition stehenden Kolben musste man mit der Verwendung etwas sparsam umgehen, und das Risiko übernehmen, nur 1 Ballon (ursprünglich waren 2 in Aussicht genommen) mit jedem Gase zu füllen. Nach der Ankunft der zweiten Sendung von 12 leeren Kolben boten sich nur noch einige Fälle dar, die das Sammeln von Gas indicirten. Das Aufdrehen der Kolben an den dazu ausgewählten Orten ist meistens von einem Mitgliede der Commission, in einigen Fällen von einem der arbeitenden Pioniere ausgeführt.

Es wurden auf die angegebene Weise folgende Luftproben gesammelt:

Kolben No. IV. 5. August. Luft aus der Gallerie III., Ecoute F, nachdem 4 Personen $^1/_4$ Stunde darin geathmet hatten.

Kolben No. V. 8. August, 6 Uhr 40 Min. Abends. Luft aus der Gallerie II., ? Meter vom Eingang. Durch den Geruch liess sich nichts Auffallendes wahrnehmen.

Kolben No. IX. 9. August, 10 Uhr. Luft aus Angriffsgallerie IV. Länge der Gallerie 12,5 Meter. Bisher keine Ventilation. Lichter verlöschen.

Kolben No. X. 9. August, 10 Uhr 7 Min. Luft aus Angriffsgallerie VIII. Länge der Gallerie 14,7 Meter. Lichter brennen trübe. Ventilation seit gestern mit Unterbrechungen. 1 Stunde vor der Entnahme der Luft war der Ventilator zum Stillstand gebracht worden.

Kolben No. VIII. 9. August, 12 Uhr 30 Min. Luft aus Vertheidigungsgallerie II., 13 Meter von Eingang aus der unteren Luftschicht. Nach Sprengung des ersten Trichters.

Kolben No. VI. 12. August, 4 Uhr 55 Min. Luft aus Gallerie III. vor Ort. Nach Sprengung des zweiten Trichters und Aufarbeiten der Tete zwei Mann nach $^3/_4$ Stunden erkrankt (nur leicht), Taube 15 Minuten nach Erkrankung der Leute hineingebracht, nach $^3/_4$ Stunden todt herausgeholt. Luft entnommen 25 Minuten später.

Kolben No. III. 13. August, 7 Uhr 15 Min. Abends. Luft aus Gallerie I. etwa bei branche E, in der Mitte der Hauptgallerie. Kurz vorher 2 Erkrankungen.

Kolben No. I. 15. August, 10 Uhr 40 Min. Vorm. Luft aus dem Eingang der Gallerie II., 10 Min. nach Entladung einer Quetschmine in Ecoute M. Luft tödtet eine Taube in 2 Minuten, Gallerie nicht befahrbar.

Kolben No. II. 16. August, 9 Uhr 10 Min. Vorm. Luft aus Angriffsgallerie 20, vor Ort geschöpft, roch leuchtgasartig. Drei Erkrankungen, eine davon schwer. Ventilation mangelhaft, da die Gallerie lang und die Röhre kurz war.

Kolben No. XIII. 16. August, 10 Uhr 15 Min. Vorm. Luft aus Angriffsgallerie 21, vor Ort geschöpft. Leichte Erkrankungen nach 1stündiger Arbeit. Länge der Gallerie 26 Rahmen. Keine Ventilation.

Kolben No. XIV. 17. August, 9 Uhr 25 Min. Abends. Luft aus Gallerie I., 3 Meter vom Eingang, vom Boden. Gallerie nicht befahrbar. Explosion einer Quetschmine von 25 Kilogramm Pulver ohne Verdämmung um 9 Uhr 20 Min.

Kolben No. XII. Der angeschmolzene Hahn war einige Tage nach der Füllung abgesprungen.

Kolben No. VII. Blutgase. Durch Anwendung zweier leerer Kolben gelang es, aus 70 c. c. Blut, welches bei der Obduction einer der Leichen der am 8. August Verunglückten entnommen war, die Gase ziemlich vollständig auszupumpen und ganz ohne Blut zur späteren Untersuchung aufzubewahren.

Der Beobachtungen, die an Ort und Stelle gemacht sind, giebt es hier nur wenige zu erwähnen.

Kurze Zeit nach der Explosion einer Mine lässt sich in den Minengasen der Geruch nach Schwefelwasserstoff wahrnehmen. Derselbe verschwindet aber schneller, als der Verdünnung der Pulvergase durch atmosphärische Luft entspricht, und es bleibt dann ein eigenthümlicher Geruch, der bei mir keine Erinnerung an den Geruch einer mir bekannten Substanz hervorrief.

Als Ursachen des schnellen Verschwindens des Schwefelwasserstoffes kann man betrachten, dass das in das benachbarte Erdreich eingedrungene Schwefelwasserstoffgas von vorhandenem Eisenoxydhydrat zersetzt wird, dass ferner das Schwefelkalium des Pulverrückstandes durch Sauerstoff leicht oxydirt wird und so als Quelle von Schwefelwasserstoff versiegt, sowie endlich, dass Schwefelwasserstoffgas durch die atmosphärische Luft zersetzt wird. Diese letztere Thatsache kommt weiterhin nochmals zur Sprache.

Aus einem von Pulver bis auf die Tiefe von 20 bis 30 mm. geschwärzten Stück Erdreich, welches kurz nach der Explosion eines Trichters untersucht wurde, liess sich durch Wasser unterschwefligsaures und schwefelsaures Kali ausziehen, aber kein Schwefelkalium. Durch Chlorwasserstoffsäure entstand unter Abnahme der Schwärzung ein Geruch nach Schwefelwasserstoffgas, herrührend von etwas Schwefeleisen.

Nach den gemachten Wahrnehmungen und nach dem, was über die Verbrennungsproducte des Pulvers, sowie über Minengase bekannt ist, waren bei der späteren Untersuchung der gesammelten Gase zu berücksichtigen Kohlensäure, Kohlenoxyd, Sauerstoff und in mehreren Fällen Schwefelwasserstoff. Das letztere Gas, will ich hier gleich bemerken, war in keinem der gesammelten Gase, auch nicht in Kolben No. XIV., aufzufinden. Jodstärke wurde auch nicht im Mindesten beim Schütteln mit etwa 200 c. c. entfärbt.

Bei einer vorläufigen Analyse einer Luftprobe aus Kolben V. zeigte sich ein so geringer Gehalt an Kohlensäure, dass deren Bestimmung nach der Bunsen'schen Methode Resultate mit relativ sehr weiten Fehlergränzen geliefert haben würde. Bei der directen Ermittelung der Verminderung, welche das Volumen der Gase durch die Fortnahme der Kohlensäure erleidet, ist bei grösster Vorsicht nicht zu vermeiden, dass ein Fehler von etwa $^1/_{1000}$ als möglich zugelassen werden muss, so dass also ein Gas, in welchem nach dieser Methode 0,10 pCt. Kohlensäure gefunden sind, möglicherweise 0,20 pCt. oder 0,00 pCt. enthält. Andere bekannte Methoden erfordern eine absolut grössere

Menge Kohlensäure, als in der begrenzten Menge der mir zu Gebote stehenden Gase enthalten war.



Durch vielfältige Versuche mit atmosphärischer Luft habe ich folgendes Verfahren zur Bestimmung der Kohlensäure ermittelt. Ein Glasgefäss von nebenstehender Form pumpt man leer, sperrt die beiden Kugeln von einander ab, lässt vermittelst einer geeigneten Vorrichtung eine passende Menge verdünntes Barytwasser bei Abschluss der Luft in die grössere Kugel eintreten und pumpt die Luft, die in dem Barytwasser absorbirt war, aus, so dass die Flüssigkeit in dem Gefässe beim Schütteln wie ein Pulshammer anschlägt. Die kleine Kugel lässt man sich mit einer nicht zu verdünnten Auflösung von Phosphorsäure halb füllen und pumpt die Luft ebenfalls aus. Nach diesen Vorbereitungen bringt man eine gemessene Menge des zu untersuchenden Gases aus einer am Kopf mit einem Hahn versehenen Messröhre in die grosse Kugel mit Barytwasser, und schüttelt einige Zeit, es wird hierbei die Kohlensäure in kohlensauren Baryt übergeführt, der die Flüssigkeit sichtlich trübt, falls nicht gar zu wenig Kohlensäure vorhanden war. Die grössere Kugel wird hierauf verbunden mit einer Quecksilberluftpumpe, deren Construction ermöglicht, den Zwischenraum zwischen dem Hahn dieser Kugel und dem Hahn einer Messröhre auszupumpen, und darauf bei veränderter Hahnstellung das Gas aus der Kugel vollständig in die Messröhre überzuführen. (Bei einer solchen Transportation eines Gases vermittelst der Quecksilberluftpumpe aus einem Gefässe in ein anderes wird das transportirte Gas durch Ueberleiten über wasserfreie Phosphorsäure immer getrocknet.) Nach dieser Operation hat man das Gas ohne die Kohlensäure wieder in einer Messröhre zur weitern Untersuchung, während die Kohlensäure als kohlensaurer Baryt in der Kugel geblieben ist. Denselben zersetzt man darauf durch Hineinfliessenlassen der Phosphorsäure aus der kleinen Kugel nach dem Aufdrehen des mittleren Hahns, und bringt dann die Kohlensäure, wie vorhin das Gas ohne dieselbe, in eine lange Messröhre. In diesem Rohre, welches in einem hohen Cylinder mit Quecksilber steht, sind angebracht an Drähten in der Nähe des Kopfes eine Chlorcalciumkugel zur Absorption des Wasserdampfs, und etwa 100 mm. tiefer eine Kugel von Kalihydrat zur Absorption der Kohlensäure. Durch Senken und Heben des Rohrs in dem Quecksilber hat man es in seiner Macht, eine geringe Menge eingesperrtes Gas so zusammenzudrücken oder sich ausdehnen zu lassen, dass es mit keiner der beiden Kugeln in Berührung ist, oder nur mit der Chlorcalciumkugel oder mit beiden Kugeln. Die eingepumpte Kohlensäure lässt man zunächst in Berührung mit der Chlorcalciumkugel, misst sie, lässt sie von dem Kalihydrat absorbiren, trocknet eine geringe Menge rückständiges Gas wieder durch das Chlorcalium und misst es. Die Volumenverminderung giebt die Menge der Kohlensäure. Beim Messen der Gase wurden die Röhren so tief in Quecksilber getaucht, dass der aus demselben herausragende hohle Theil der Messröhre etwa gleiche Höhe mit dem Barometerstande hatte. Eigentlich sollte das Gas nur reine Kohlensäure sein, aber es ist mir nicht gelungen, die Operation so vollständig auszuführen, dass nicht ein kleiner Rest Gas blieb.

Wenn man auf die angegebene Weise ein Gas untersucht, welches keine Kohlensäure enthält, so sollte man auch keine Kohlensäure finden; ich habe es indessen nicht erreicht, ein Barytwasser herzustellen, welches keine Kohlensäure enthält. Nach längerem Bemühen habe ich das aufgegeben und dafür von Zeit zu Zeit die Menge Kohlensäure bestimmt, welche das Barytwasser enthielt, um dieselbe in Abrechnung zu bringen.

Versuche, Kohlenoxydgas auf eine ähnliche Weise zu bestimmen, scheiterten deshalb, weil kein Absorptionsmittel bekannt ist, welches Kohlenoxyd aus einem Gasgemenge vollständig aufnimmt und bei gewöhnlicher Temperatur im leeren Raume festhält. Man müsste sich damit begnügen die Kohlensäure, welche durch Verbrennung des Gases erzeugt wird, genau zu ermitteln, und wo es anging die beim Verbrennen stattgefundene Contraction zu messen.

Nach der Entfernung der durch Verbrennen entstandenen Kohlensäure wurde das Gas in einer Kugel von ungefähr 400 c. c. Inhalt mit einer ausgepumpten alkalischen Lösung von pyrogallussaurem Kali geschüttelt, wodurch sämmtlicher Sauerstoff absorbirt wird. Hierbei entsteht immer eine gewisse Menge von Kohlenoxydgas, welche sich aber durch einen möglichst grossen Gehalt der absorbirenden Lösung an Pyrogallussäure, ohne dass sie erstarrt, so weit vermindern lässt, dass sie innerhalb der Fehler liegt, mit welchen das Messen des rückständigen in eine Messröhre übergepumpten Stickstoffs behaftet ist. Es ist dies durch mehrere nachherige Bestimmungen des Kohlenoxyds in einem solchen Stickstoff festgestellt.

Nachdem so der Gehalt eines Gases an Kohlensäure, Kohlenoxyd und Sauerstoff ermittelt ist, wird der Rest als Stickstoff angesehen.

In der Anlage finden sich die auf die beschriebene Weise ermittelten Zahlen zusammengestellt. Die Zahlen für Schwefelwasserstoff werden später besprochen. Für eine Analyse habe ich die beobachteten Zahlen angegeben, weil sich daraus entnehmen lässt, welchen Grad von Genauigkeit die Bestimmungen beanspruchen können. Die Fehler, welche ich für möglich halte, betragen etwa: bei der Contraction 0,12 pCt., bei der Kohlensäure (nach der neuen Methode) 0,01 pCt., beim Stickstoffgas 0,10 pCt.

Ein Beweis für die Gegenwart des Kohlenoxyds in den untersuchten Gasen lässt sich aus diesen Zahlen nur für einige Fälle führen. Das Kohlenoxyd giebt beim Verpuffen eine Contraction gleich der Hälfte seines Volumens, andere brennbare kohlenstoffhaltige Gase führen eine grössere Contraction, wenigstens die des doppelten Volumens der gebildeten Kohlensäure, herbei. Unter der Annahme, dass die beim Verbrennen entstandene Kohlensäure nicht von Kohlenoxyd herrührte, müsste die Contraction wenigstens betragen beim Gase III. 0,10 pCt., bei I. 0,72 pCt., bei II. 0,38 pCt., bei XIII. 0,94 pCt. In den letzten drei Fällen ist diese Annahme ausgeschlossen, es muss enthalten sein Kohlenoxyd zum Mindesten in I. 0,21 pCt., in II. 0,09 pCt., in XIII. 0,27 Procent. Andererseits widerspricht keine der Zahlen der Annahme, dass sämmtliche beim Verbrennen der Gase gebildete Kohlensäure vom Kohlenoxyd herrührt. Berücksichtigt man, was anderweitig über die Zusammensetzung der Pulvergase und der Minenluft festgestellt ist, so scheint es mir, wenn es sich um Beurtheilung der Einwirkung der untersuchten Gase auf den Organismus handelt, unbedenklich zulässig zu sein, anzunehmen, dass die ganze durch Ver-

brennen gebildete Kohlensäure von Kohlenoxydgas herrührt, sobald ihre Menge nicht gar zu gering ist im Verhältniss zu der im Gase vorhandenen Kohlensäure. Es geben dann die Zahlen, welche als durch Verbrennung entstandene Kohlensäure bezeichnet sind, den Gehalt der Gase an Kohlenoxydgas an.

Zu der Analyse VII. will ich noch bemerken, dass das Wasserstoffgas beweist, dass das Blut schon in Fäulniss übergegangen war; in Blutgasen aus faulem Blut ist schon Kohlenoxyd als ermittelt angegeben, so dass dessen Gegenwart in Kolben VII. über eine Vergiftung durch Kohlenoxydgas Nichts aussagen würde.

Bei Vergiftungsversuchen mit Gasen von der ermittelten Zusammensetzung, die Herr Stabsarzt Dr. Schultze und ich zusammen angestellt haben, und die in dessen Bericht Erwähnung finden werden, stellte sich heraus, dass ein Luftstrom mit einem Kohlenoxydgehalt, wie er in I. ermittelt ist, nicht annähernd eine solche Wirkung auf eine Taube ausübt, wie die Luft in Gallerie II. Es musste ein giftiges Gas in dem Kolben zersetzt sein, oder der leere Kolben war undicht gewesen und hatte sich vor dem Aufdrehen schon theilweise mit atmosphärischer Luft gefüllt. Das Letztere muss ich als möglich, wenn auch als unwahrscheinlich bezeichnen; es war hierüber Nichts mehr festzustellen, da keine 2 Kolben in derselben Gallerie geöffnet waren. Für die erstere Annahme bot sich Schwefelwasserstoffgas dar. Um die Zersetzbarkeit desselben im Gemisch mit Luft festzustellen, wurde in 10 durch Glasgabeln unter einander verbundenen, fast luftleer gepumpten trockenen Kolben, wie sie zum Sammeln der Minengase benutzt waren, durch eine einzige feine Oeffnung ein Luftstrom geleitet, der etwa $^1/_{2000}$ seines Volumens Schwefelwasserstoffgas enthielt; in etwa 40 Minuten war die Füllung beendet und jeder Kolben wurde geschlossen. Am andern Tage ergaben sich bei der Bestimmung des Schwefelwasserstoffs in einzelnen Kolben ganz von einander abweichende Resultate. Die Kolben wurden wieder ausgepumpt und mit Luft, der etwa $^1/_{600}$ Schwefelwasserstoffgas beigemengt war, auf gleiche Weise gefüllt. Nach höchstens $^1/_2$ Stunde gebrauchte das Schwefelwasserstoffgas in den ersten Kolben zur Zersetzung 17 c. c. Jodlösung 0,01 normal, es waren also im Kolben vorhanden gewesen 1,9 c. c. Schwefelwasserstoffgas.

Das Resultat der Versuche war:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1. Kolben | 11. Juli | | 1,9 | C. C. Schwefelw. |
| 2. - | 11. - | ($^1/_2$ Stunde später) | 1,0 | - |
| 3. - | 12. - | | 0,8 | - |
| 4. - | 12. - | | 0,7 | - |
| 5. - | 15. - | | 0,2 | - |
| 6. - | 16. - | | 0,6 | - |
| 7. - | 18. - | | 0,1 | - |
| 8. - | 23. - | | — | - |

Nach 12 Tagen war das Schwefelwasserstoffgas zersetzt, und zwar unter Abscheidung von Schwefel, der sich durch Chlorwasser in Schwefelsäure überführen und so nachweisen liess, während Wasser in den Kolben keine saure Reaction annahm.

Wenn in den gesammelten Gasen Schwefelwasserstoff enthalten gewesen war, so musste sich der Schwefel noch in den Kolben befinden. Beim Aus-

spülen mit etwas Wasser zeigte sich in keinem Fall Schwefelsäure, erst nachdem Chlorwasser einige Zeit darin gewesen war, zeigte sich in der Lösung aus I. und XIV. Schwefelsäure, deren Menge bestimmt wurde (hiernach ist in der Uebersicht der Gehalt an Schwefelwasserstoff berechnet), in der Lösung aus den übrigen Kolben nicht, oder doch nur zweifelhaft.

Um der Vermuthung zu entgegnen, es habe sich in den Kolben auch allmälig etwas Kohlenoxyd oxydirt, wurde dasselbe in dem Gas Nr. I. nochmals bestimmt.

In den 5⅓ Monaten nach der ersten Untersuchung hatte keine Aenderung in dem Gehalte stattgefunden.

Eine Beseitigung oder erhebliche Verminderung der schädlichen Gase, besonders des Kohlenoxydgases, durch Absorptionsmittel wird hier nach dem, was schon früher anderweitig darüber gesagt ist, nicht erörtert zu werden brauchen. Es mag hier nur bemerkt werden, dass eine chlorwasserstoffsaure Lösung von Kupferchlorür Kohlenoxydgas nur langsam vollständig fortnimmt, und nur anzuwenden ist bei Abwesenheit von Sauerstoff, weil es durch diesen in Kupferchlorid übergeführt wird, welches Kohlenoxyd nicht absorbirt. Bei der Wahl eines Sprengpulvers könnte man dem Umstande, dass mit dem Kohlengehalt des Pulvers die Menge des Kohlenoxyds in den Pulvergasen zunimmt, vielleicht mehr Beachtung schenken.

Zur Entfernung der Gase aus den Gallerien bleibt nur die Ventilation. Eine Bewegung der Luft findet in horizontalen Gängen immer statt, sobald eine Temperaturdifferenz mit der Luft draussen vorhanden ist, sie wächst mit der Höhe der Gänge und der Grösse der Differenz auf dieselbe Entfernung. Das wärmere Gas bewegt sich oben, das kältere unten in entgegengesetzter Richtung, wie das warme. Im Winter strömt die äussere Luft unten ein, im Sommer oben. In abwärts geneigten Gängen ist diese natürliche Ventilation im Winter grösser, als in horizontalen, an warmen Tagen wird sie ganz aufhören. In aufwärts gerichteten Gängen würde das Verhältniss sich umkehren.

Was nun das künstliche Ventiliren durch Saugen oder Blasen betrifft, so wird, die Gallerie als ein Ganzes betrachtet, im ersten Fall aus derselben ausgeführt Luft von der Saugstelle, dafür eingeführt Luft, wie sie am Anfang der Gallerie ist; im zweiten Fall ausgeführt Luft vom Anfang der Gallerie, eingeführt reine Luft. Ist der Procentgehalt der Luft an schädlichen Gasen hinten h, vorn v, so stehen die Quantitäten schädlicher Gase, welche durch Aussaugen oder Einblasen gleicher Gasmengen aus der Gallerie entfernt werden, in dem Verhältniss von h—v zu v.

Ist die Luft hinten mehr als doppelt so schlecht, als vorn, so ist demnach Saugen besser, ist der Unterschied nicht so gross, so ist Blasen vorzuziehen. Betrachtet man einzelne Theile der Gallerie, so wird beim Blasen die Besserung der Luft sich mehr in der Nähe der Mündungsstelle des Ventilators concentriren, beim Saugen sich mehr über alle Theile der Gallerie verbreiten. Kurz nach der Explosion wird man demnach vortheilhaft möglichst aus der Nähe des Explosionsheerdes saugen, dagegen, wenn später an einer anderen Stelle gearbeitet werden soll, dort blasen. Zu den zum sofortigen Vorgehen in Pulvergasen benutzten Tornistern mit comprimirter Luft gehörte ein Nasenventil, welches das Ausathmen durch die Nase zulassen sollte, nicht das Ein-

athmen. Dasselbe fungirte aber mangelhaft, was bei der primitiven Einrichtung und den verschiedenen Nasenformen nicht auffallen konnte. Bei dauernd geschlossener Nase liess sich aber die Luft aus dem Tornister einathmen, und indem man mit den Zähnen den Luftschlauch schloss, durch den Mund ausathmen. Mir schien, als wenn diese Operation sich nach kurzer Uebung mit Sicherheit ausführen lassen würde. Die Luft, welche aus den Tornistern ausströmt, ist, auch wenn diese minenfeucht sind, immer nur theilweise feucht und zwar im umgekehrten Verhältniss zu der Compression der Luft. Unter 8 Atmosphären Druck ist die ausströmende Luft $^1/_8$ feucht, unter 3 Atmosphären Druck $^1/_3$. Es soll sich das beim Gebrauch durch ein Gefühl der Trockenheit im Gaumen geltend machen. Wollte man hier abhelfen, so könnte man z. B. einen feuchten Schwamm in der Leitung, die zum Munde führt, einschalten.

Berlin, den 9. November 1874.

Finkener.

Gasanalysen.

Resultate der Untersuchung der gesammelten Gase.

Die Zahlen geben an Volumenprocente der trockenen Gase.

| Gas aus Kolben No. | Kohlensäure. | Kohlensäure durch Verbrennen entstanden. | Contraction. | Stickstoff. | Sauerstoff. | Schwefelwasserstoff. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| IV. | 0,84 | 0,04 | — | 79,39 | 19,76 | — |
| V. | 0,16 | 0,17 | — | 79,12 | 20,54 | — |
| IX. | 2,70 | 0,01 | — | 79,43 | 17,86 | — |
| X. | 1,72 | 0,01 | — | 79,24 | 19,04 | — |
| | 1,71 | | | | | |
| VIII. | 0,07 | 0,03 | — | 79,14 | 20,75 | — |
| VI. | 0,27 | 0,23 | — | 79,11 | 20,39 | — |
| | 0,27 | | | | | |
| III. | 0,17 | 0,05 | 0,06 | 79,12 | 20,66 | — |
| | 0,07*) | | | | | |
| I. | 0,58 | 0,36 | 0,28 | 78,57 | 20,53 | 0,04 |
| | 0,57*) | 0,37**) | | | | |
| II. | 0,23 | 0,19 | 0,11 | 78,80 | 20,78 | — |
| | 0,30*) | | | | | |
| XIII. | 0,70 | 0,48 | 0,41 | 79,36 | 19,46 | — |
| | 0,70 | 0,47 | | | | |
| | 0,79*) | | | | | |
| XIV. | 0,26 | 0,08 | — | — | — | 0,014 |
| | | | | | Wasserstoff. | |
| VII. | 79,12 | 0,36 | — | 5 | 15 | — |

*) Diese Zahlen geben die beobachtete Differenz zwischen dem Gas mit und dem Gas ohne Kohlensäure.

**) Diese zweite Bestimmung der durch Verbrennen entstandenen Kohlensäure ist $5^1/_3$ Monat später als die erste ausgeführt.

Zahlen, erhalten bei Ausführung der Analyse III.

| | Oberer Stand des Quecksilbers. | Unter. Stand des Quecksilbers. | Temperatur des Gases. | Barometerstand in Pariser Zoll. | Temperatur des Barometers. | Berechnetes Volumen*) bei 0° C. | Berechneter Druck des tro. Gases**). | Volumen bei 1 mm. Druck. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Trockenes Gas. | 651,9 | 750,0 | 19,5 | 27″—11,76‴ | 9,6 | 165,20 | 658,2 | 101490 |
| Nach Entfernung der Kohlensäur. | 648,5 | 750,0 | 19,9 | 28—3,0 | 9,6 | 164,33 | 662,1 | 101420 |
| Kohlensäure mit Luft. | 80,1 | 763,0 | 19,7 | 28—3,10 | 9,6 | 3,49 | 81,7 | 266 |
| Luft. | 46,8 | 763,0 | 18,2 | 28—3,42 | 9,6 | 2,00 | 49,0 | 92 |
| Kohlensäure aus Barytwasser. | — | — | — | — | — | — | — | 4 |
| Nach dem Verpuffen. | 646,9 | 736,0 | 18,3 | 28—3,42 | 9,6 | 163,92 | 659,8 | 101360 |
| Kohlensäure mit Luft. | 43,8 | 776,0 | 20,7 | 28—8,22 | 8,0 | 1,87 | 44,4 | 77 |
| Luft. | 23,0 | 775,0 | 20,1 | 28—8,00 | 8,9 | 0,94 | 24,0 | 21 |
| Kohlensäure aus Barytwasser. | — | — | — | — | — | — | — | 4 |
| Stickstoff. | 568,8 | 743,0 | 21,0 | 28—8,28 | 7,9 | 143,68 | 601,8 | 80295 |

*) Die C. C. sind Tabellen entnommen, die für die einzelnen Messröhren angefertigt sind.

**) Bei der Berechnung des Drucks sind die Correctionen angebracht wegen der Depression des Quecksilbers und der nicht völligen Uebereinstimmung der Skalen auf dem Barometer und den einzelnen Messröhren.

Anlage V.

Plan Directeur des Minenkrieges bei Graudenz 1873 nebst Renvoi zum Minenp

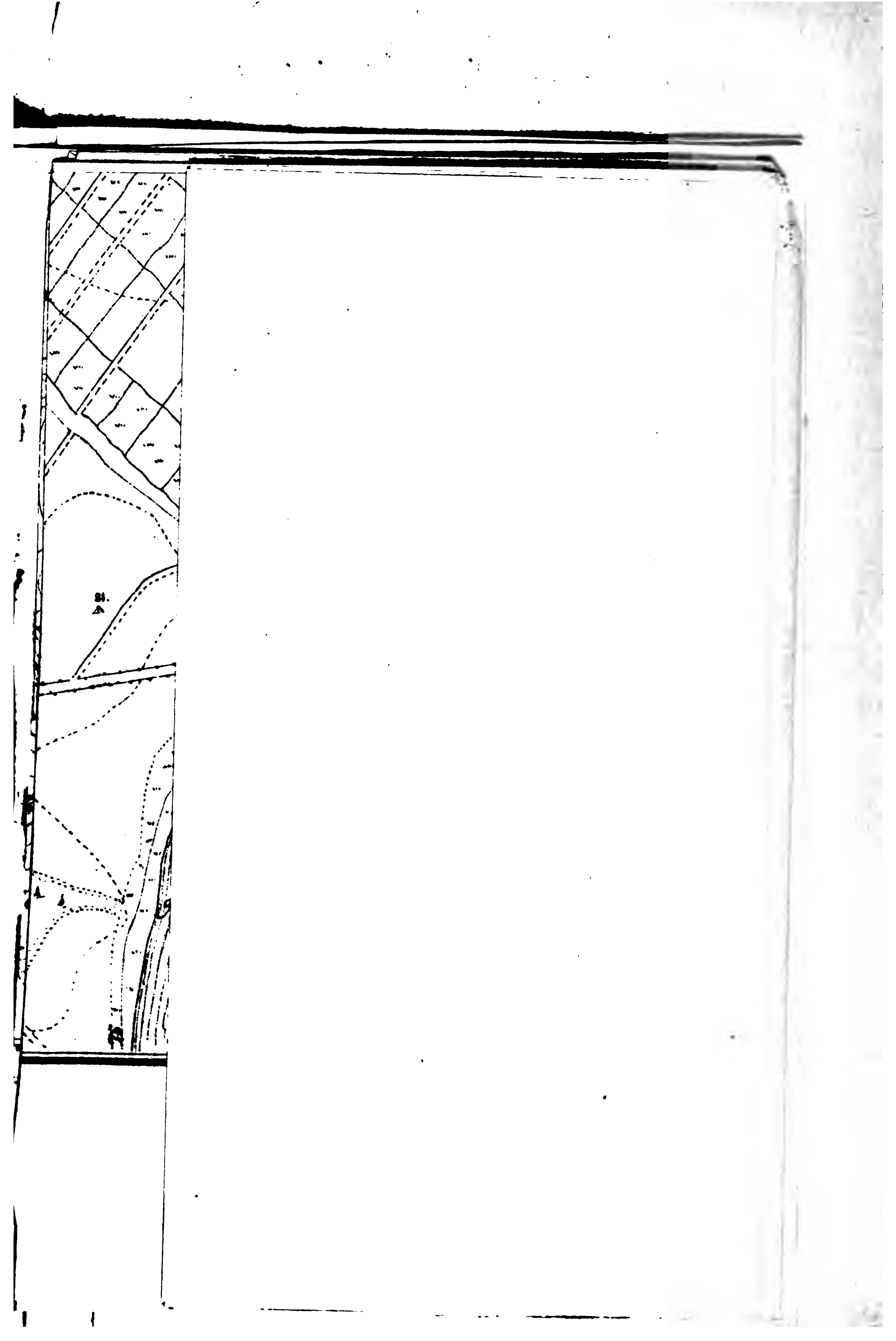
| Laufende No. | Datum. | Angriff. Bezeichnung der Trichter. | Bezeich. d. Galler. | Ladung. Kilog. | Kürzeste Widerstandslinie. Meter | Bodenklasse. | Durchmesser des Trichters. | Tiefe des Trichters. | Vertheidigung. Bezeichnung der Quetscher. | Bezeichnung der Ecoute. | Ladung. Kilog. | Kürzeste Widerstandslinie. Meter |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 8. 8. | | | | | | | | No. 1 | e. | 119 | 7,50 |
| 2 | 9. 8. | No. I. | 6 | 2000 | 7,50 | 1 | 21,28 | 6,10 | | | | |
| 3 | 11. 8. | No. II. | 8 | 2000 | 7,50 | 1 | 21,50 | 5,80 | | | | |
| 4 | 12. 8. | No. III. | 3 | 2000 | 7,50 | 1 | 21,50 | 5,90 | | | | |
| 5 | 12. 8. | No. IV. | 1 | 2000 | 7,50 | 1 | 20,20 25,50 | 5,30 | | | | |
| 6 | 13. 8. | | | | | | | | No. 2 | d. | 130 | 7,28 |
| 7 | 13. 8. | | | | | | | | No. 3 | m. | 146 | 7,60 |
| 8 | 13. 8. | | | | | | | | No. 4 | Tetenecoute III. | 150 | 6,87 |
| 9 | 14. 8. | | | | | | | | No. 5 | Tetenecoute I. | 101 | 6,71 |
| 10 | 14. 8. | | | | | | | | No. 6 | c. | 160 | 7,32 |
| 11 | 15. 8. | | | | | | | | No. 7 | Aufhauungsstoss der Gallerie III. | 156 | 6,87 |
| 12 | 15. 8. | | | | | | | | No. 8 | m. | 146 | 7,60 |
| 13 | 15. 8. | | | | | | | | No. 9 | e. | 150 | 6,45 |
| 14 | 15. 8. | | | | | | | | No. 10 | b. | 115 | 6,50 |
| 15 | 15. 8. | | | | | | | | No. 11 | b. | 150 | 7,0 |
| 16 | 18. 8. | | | | | | | | No. 12 | Tetenecoute I. | 25 | |
| 17 | 19. 8. | | | | | | | | No. 13 | m. | 12,5 | 7,00 |
| 18 | 20. 8. | No. V. | 15 | 3000 | 8,50 | 3 | 25 | 6,10 | | | | |
| 19 | 21. 8. | No. VI. | 18 | 3500 | 8,50 | 3 | 27,50 | 7,30 | | | | |

Anlage VI.

Temperatur pro Monat August 1873.

| Datum. | Morgens 8 Uhr. | Windrichtung. | Mittags 12½ Uhr. | Abends 7 Uhr. |
|---|---|---|---|---|
| 1. August | 15° Réaumur | Westwind | 18° Réaumur | 15° Réaumur |
| 2. „ | 15° „ | „ | 17° „ | 15° „ |
| 3. „ | 13° „ | „ | 17° „ | 15° „ |
| 4. „ | 13° „ | „ | 17° „ | 15° „ |
| 5. „ | 14° „ | „ | 18° „ | 17° „ |
| 6. „ | 15° „ | „ | 17° „ | 17° „ |
| 7. „ | 15° „ | „ | 17° „ | 16° „ |
| 8. „ | 14° „ | „ | 17° „ | 18° „ |
| 9. „ | 15° „ | Südwind | 18° „ | 21° „ |
| 10. „ | 13° „ | „ | 15° „ | 15° „ |
| 11. „ | 10° „ | „ | 13° „ | 12° „ |
| 12. „ | 11° „ | „ | 15° „ | 15° „ |
| 13. „ | 12° „ | Nordwind | 16° „ | 17° „ |
| 14. „ | 13° „ | Westwind | 15° „ | 15° „ |
| 15. „ | 13° „ | „ | 15° „ | 13° „ |
| 16. „ | 12° „ | Südwestwind | 16° „ | 16° „ |
| 17. „ | 14° „ | „ | 18° „ | 18° „ |
| 18. „ | 13° „ | „ | 18° „ | 15° „ |
| 19. „ | 15° „ | „ | 18° „ | 18° „ |
| 20. „ | 16° „ | Südwind | 22° „ | 16° „ |
| 21. „ | 12° „ | Südwestwind | 18° „ | |

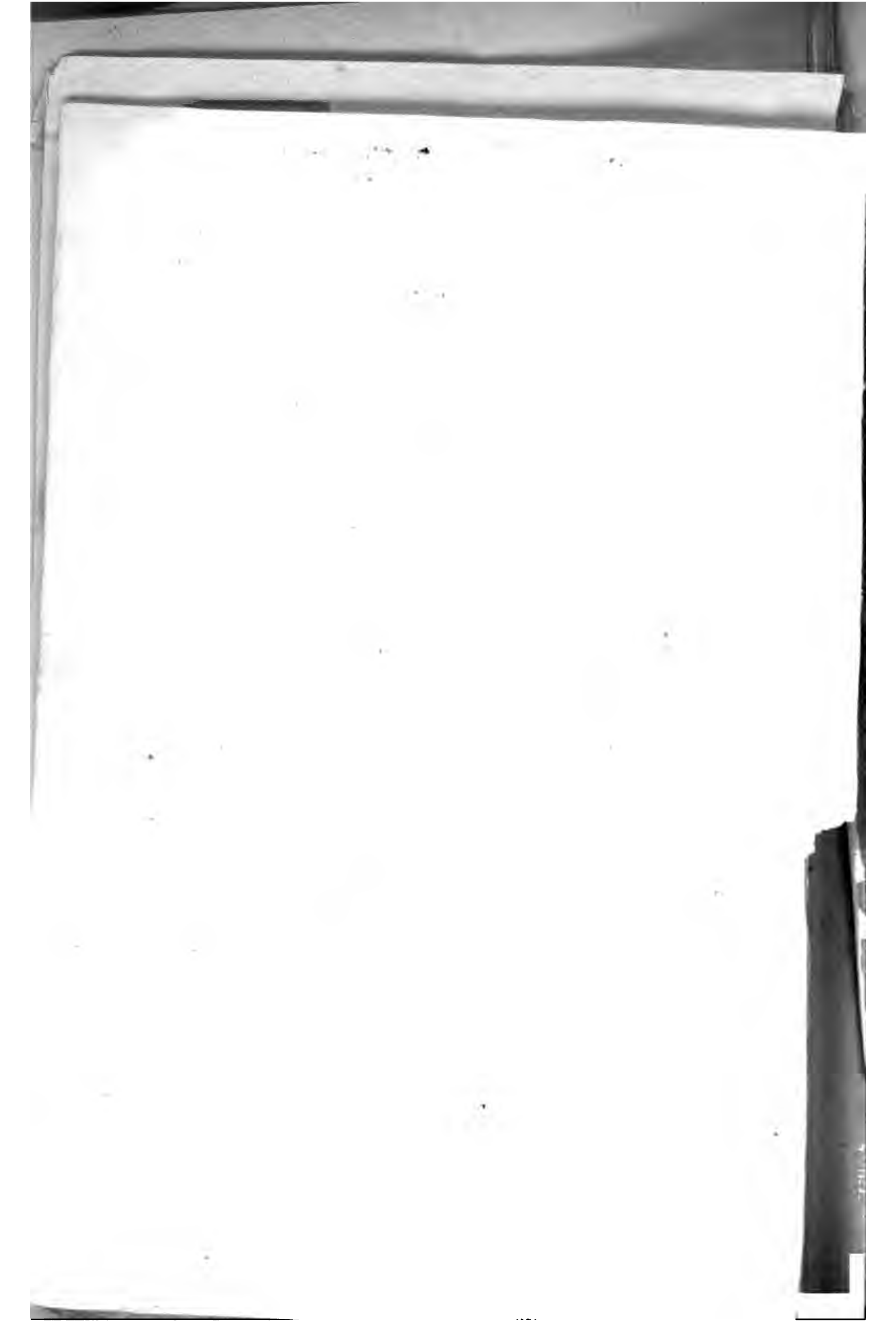
Druck von E. S. Mittler u. Sohn, Kochstr. 69. 70.

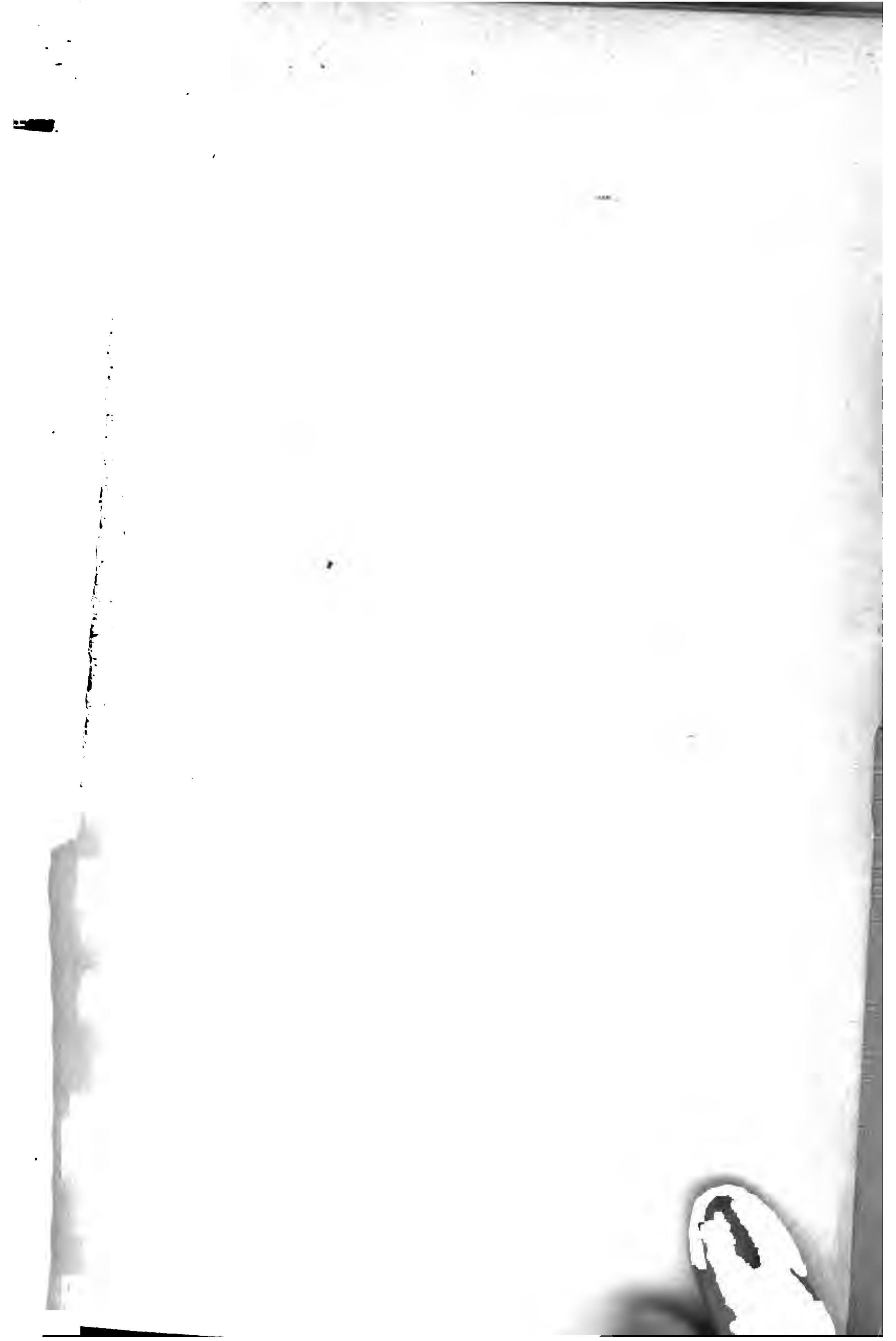




PLAN








L965
G2G3
1875
Germany. Kriegs-
ministerium.
Erkrankungen durch
Minengase.
78362
NAME
DATE DUE

